This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

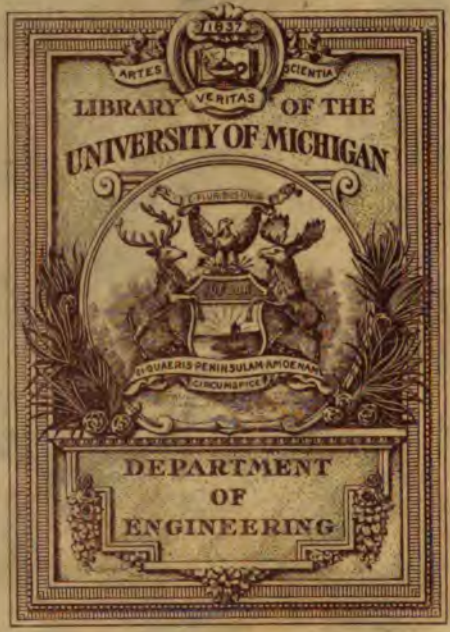
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

73 DUPL


ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

TA
2
S68

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1885

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1885

DEUXIÈME VOLUME

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

—

1885

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUILLET 1885

N° 7

Sommaire des séances du mois de juillet :

1° Observations de M. Quéruel au sujet de la communication de M. de Bruignac sur *les hélices propulsives*, réponse de M. de Bruignac et remarque de M. de Comberousse (séance du 3 juillet, page 8) ;

2° *Décès de M. Henri Tresca* (séance du 3 juillet, page 9) ;

3° Lettre de M. Fabry, président de l'Union des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Louvain et extrait d'une lettre de M. de Matthys, président de l'Association des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand, au sujet du décès de M. Tresca (séance du 3 juillet, pages 9 et 10);

4° Décès de M. Husquin de Rhéville fils, attaché au secrétariat de la Société (séance du 3 juillet, page 10);

5° Lettre de M. Bömches (séance du 3 juillet, page 10) ;

6° Lettre de M. Francisque Reymond (séance du 3 juillet, page 11);

7° Communication de M. Abel Pifre sur son *Nouveau système de Moteurs domestiques* (séance du 3 juillet, pages 12 à 16) ;

8° Observations de MM. Contamin et Edmond Roy sur cette communication (séance du 3 juillet, pages 16 et 17.)

163372

9° Note de M. Touchet sur le *Rouleau compresseur électrique*, de M. E. Gellerat, lue par M. Giraud (séance du 3 juillet, pages 17 à 22);

10° Compte rendu par M. Quéruel des essais faits en mars dernier sur une machine à vapeur de son système, construite par M. A. Crespin (séance du 3 juillet, pages 23 et 24);

11° Observation de M. Douane sur ce compte rendu (séance du 3 juillet, pages 24 et 25);

12° Lettre de M. J. Morandiere au sujet de l'exposition d'Anvers (séance du 17 juillet, page 26);

13° Hommage à la Société, par M. Fleury, de la part de M. des Tournelles, du Catalogue détaillé de la section des travaux publics à l'Exposition coloniale française, à Anvers (séance du 17 juillet, pages 26 et 27);

14° Lettre de M. G. Cadolini, président du Collège des Ingénieurs et Architectes de Rome, au sujet du décès de M. Tresca (séance du 17 juillet, page 27);

15° *Cinquantenaire de l'établissement du chemin de fer de Saint-Germain et du réseau français*, paroles de M. de Comberousse (séance du 17 juillet, pages 27 à 29);

16° *L'entraînement et le transport par les eaux courantes des vases, sables et graviers;* communication de M. Vauthier, au congrès de Blois de l'Association française pour l'avancement des sciences; analyse par M. Auguste Moreau (séance du 17 juillet, pages 29 à 35);

17° Communication de M. A. Potel sur *les intérêts français au point de vue industriel et commercial, dans les pays de la Plata* (séance du 17 juillet, pages 36 à 52);

18° Observation de M. Seyrig sur cette communication (séance du 17 juillet, page 52);

19° Notes sur l'Exposition d'Anvers, par M. J. Morandiere (Annexe au procès verbal de la séance du 17 juillet, pages 54 à 61).

Pendant le mois de juillet, la Société a reçu :

1° De M. Corthell, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure intitulée : *Tehuantepec Ship Railway;*

2° De la Société française de Physique, un exemplaire du tome II de la *Collection de Mémoires relatifs à la Physique;*

3° De M. Girard, membre de la Société, un exemplaire du 2e rapport relatif aux *Travaux du Laboratoire municipal de Chimie de la ville de Paris sur les falsifications des denrées alimentaires;*

4° De M. Piarron de Mondésir, membre de la Société, des observations techniques à propos du mémoire de M. Boudenoot sur la distribution de la force motrice à domicile, au moyen de l'air raréfié;

5° De M. A. Mallet, membre de la Société, un exemplaire du rapport de M. H. Tresca à la Société d'Encouragement, sur le système de locomotive Compound de M. A. Mallet;

6° De M. L. Poillon, membre de la Société, un exemplaire du tome Ier de son *Traité théorique et pratique des pompes et machines à élever les eaux* (Texte et Atlas);

7° De M. Dubuisson, membre de la Société, deux mémoires faisant suite aux deux premiers et intitulés : *Essais sur l'amélioration des travaux publics, conciliation entre le travail et le capital, et réorganisation du corps des ponts et chaussées;*

8° De M. Gillot, membre de la Société, un mémoire intitulé : *De la nature et de la cause de la chaleur et de la lumière et de quelques-unes des lois qui les régissent;*

9° De M. Goupil, membre de la Société, une *Étude sur l'hélice aérienne;*

10° De M. Carimantrand, membre de la Société : 1° *Navigation intérieure, touage et transports de la Seine*, 1873, 1 volume; 2° *Suppression des droits de pilotage de la Seine*, 1878, 1 volume; 3° *Enquête relative au traité de commerce avec l'Angleterre*, 1861 et 1862, savoir : 8 volumes; 4° *Exposé de la situation de l'Empire de* 1861 *à* 1869, 10 volumes; 5° *Code des Ponts et Chaussées*, 1836, 1 volume; 6° *Notice sur un projet de canal de jonction des voies navigables de Paris*, par M. Veaux, 1861, 1 volume.

Les membres nouvellement admis sont :

MM. Boveyscha présenté par MM. Gottschalk, Lavalley et Molinos.
Dareste de la Chavanne présenté par MM. Carpentier, Chevalier et Pettit.
Ennes présenté par MM. Cauvet, Hegelbacher et Tresca.
MM. Heilmann — Guyenet, Robin et Rouget,
Louisse — Denis, Dornès, Molinos.
Maximovitch — Gottschalk, Lavalley et Molinos.
Thomas — Hamoir, Joubert et de Schryver.
Turpin — Dufrené, Gérard et Vée.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1885

Séance du 3 Juillet 1885.

PRÉSIDENCE DE M. DE COMBEROUSSE.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT demande s'il n'y a pas d'observations sur le procès-verbal de la dernière séance.

M. DUROY DE BRUIGNAC indique une rectification à faire à la première formule de la page 300, où il faut remplacer $tg^2\, a$ par $tg\, 2\, a$.

M. QUÉRUEL dit que, lors de la communication de M. de Bruignac sur les hélices, il n'avait pas en main quelques documents pouvant offrir de l'intérêt dans cette occasion. Il les a extraits de l'ouvrage de M. l'amiral Pâris, et serait bien aise de les voir figurer au procès-verbal de la séance de ce jour. Ces documents montrent combien l'utilisation de l'hélice croît en raison de la réduction de la surface des ailes. Le maximum indiqué sur le tableau dont M. Quéruel demande l'insertion, est en faveur des ailes étroites, dont la projection ne dépasse pas 0,281 de l'unité de surface du cercle.

M. DUROY DE BRUIGNAC fait des réserves au sujet des résultats auxquels M. Quéruel se rapporte, tant au point de vue du mode d'évaluation qu'à celui de la construction des hélices. Si l'on mentionne, au procès-verbal, des résultats d'expériences empruntés à l'ouvrage de M. l'amiral Pâris, il faudrait aussi noter que ces expériences ont été étudiées et appréciées d'une manière différente dans le travail de M. de Bruignac.

M. LE PRÉSIDENT croit qu'il faut prendre une mesure de principe, et décider que ce qui a été dit en séance peut bien être complété, mais que ce qui n'a pas été dit ne doit pas figurer au procès-verbal.

Dans l'espèce, il suffira de mentionner au procès-verbal de cette séance l'observation faite par M. Quéruel, qui montre qu'on pourra utilement consulter l'ouvrage de M. l'amiral Pâris, devant la compétence duquel il faut s'incliner, et d'enregistrer les réserves de M. de Bruignac.

M. Quéruel n'insiste pas sur la question.

Le procès-verbal de la séance du 19 juin, rectifié d'après l'indication de M. de Bruignac, est adopté.

M. le Président se fait l'interprète des sentiments douloureux éprouvés par la Société tout entière par suite de la mort de son éminent Président honoraire, M. H. Tresca. C'est un malheur qui a vivement frappé chacun de ses membres. Aussi le Comité a-t-il pensé qu'il convenait de porter le plus tôt possible à la connaissance de tous, les discours prononcés sur la tombe de M. Tresca; ces discours, au nombre de sept, seront, en conséquence, annexés au procès-verbal de la séance de ce jour, afin que tous les membres de la Société soient informés sans retard des témoignages de sympathie et de regret, donnés à leur éminent Président honoraire.

Cette grande perte a été ressentie à l'étranger comme en France, ainsi que le prouvent les lettres suivantes, venues de Belgique, et dont M. le Président croit devoir donner connaissance à la Société.

M. le Président de l'*Union des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Louvain* nous écrit en ces termes :

« A monsieur le Président et à Messieurs les membres de la Société des Ingénieurs civils de France.

« Bruxelles, le 26 juin 1885.

« Messieurs,

« Nous venons d'apprendre, avec un douloureux étonnement, la mort de M. Henri Tresca, président honoraire de la Société des Ingénieurs civils.

« Au nom de l'Union des ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Louvain, nous vous adressons, messieurs, nos condoléances les plus vives et les plus sincères.

« Monsieur Tresca avait, par ses remarquables travaux, conquis une place éminente dans le monde scientifique; ses brillantes qualités intellectuelles l'avaient fait hautement apprécier par les savants, mais c'étaient surtout les qualités de son cœur qui lui avaient attiré les sympathies universelles et des affections impérissables.

« Pour nous, messieurs, nous n'oublierons jamais l'intérêt que votre regretté Président voulait bien porter et témoigner à l'Union des ingénieurs de Louvain, et nous garderons à la mémoire de l'illustre défunt un souvenir pieux et reconnaissant.

« Veuillez agréer, messieurs, l'assurance de notre respectueuse considération.

« *Le Secrétaire*, *Le Président*,

« B^on^ Albert de Fierbaut. H. Fabry. »

De son côté, M. de Matthys, président de l'*Association des ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand*, accusant réception de la lettre que votre président lui avait écrite à propos de l'aimable accueil qui nous attend en Belgique, s'exprime ainsi sur la mort de M. Tresca :

« Gand, le 27 juin 1885.

« A monsieur le Président de la Société des Ingénieurs civils.

« Monsieur le Président.

. . . . . .

Nous avons appris avec une vive douleur la mort de M. Tresca, votre président honoraire et membre honoraire de notre Association.

« Ce décès est une perte irréparable pour nos deux Sociétés et laissera un vide profond dans le monde savant, où l'éminent M. Tresca occupait une place des plus distinguées.

« Veuillez agréer, etc.

« *Le Secrétaire*, *Le Président*,
« E. Prayon. H. de Matthys. »

Ces témoignages de sympathie seront insérés au procès-verbal.

M. le Président annonce à la Société, le décès de M. Giraudeau et celui de M. Husquin de Rhéville fils, attaché au secrétariat.

Il dit que la Société prend la plus grande part au malheur qui vient de frapper son secrétaire-archiviste, et que les membres qui ont pu apprécier le caractère sympathique de M. Husquin de Rhéville fils, ont été très péniblement impressionnés par sa mort si prématurée.

La Société n'oubliera pas les services dévoués que M. Husquin de Rhéville lui rend depuis sa fondation, c'est-à-dire depuis 37 ans, et elle fera tout ce qu'elle pourra pour adoucir sa douleur. (*Approbation unanime.*)

M. le Président donne lecture de la lettre suivante de M. Bömches.

« Trieste, le 20 juin 1885.

« A monsieur le Président de la Société des Ingénieurs civils.

« Monsieur le Président,

« Je vous demande la permission de vous adresser ci-joint la note promise sur la communication sur le nouveau port de Trieste, que j'ai eu l'honneur de faire à la Société des Ingénieurs civils de France dans la séance du 8 mai passé.

« Je saisis avec empressement, l'occasion, d'une part, pour remercier l'honorable Président de la réception gracieuse dont j'ai été l'objet pendant mon séjour à Paris, et, d'autre part, pour exprimer à la Société tout entière ma vive reconnaissance pour l'intérêt bienveillant prêté à ma communication. J'en suis d'autant plus flatté, que l'intérêt prouvé a été

dicté non seulement par les sentiments d'une politesse internationale, mais aussi par le zèle traditionnel avec lequel les Ingénieurs français poursuivent toutes les œuvres techniques, n'importe où elles sont exécutées, dans leur pays ou à l'étranger.

. . . . . .

« Veuillez agréer, etc.

« Signé : Bömches. »

M. le Président ajoute que M. Bömches vient d'être nommé chevalier de l'ordre de François-Joseph. C'est la deuxième distinction que lui valent les travaux du port de Trieste ; M. Bömches avait obtenu, en 1875, la grande médaille d'or pour les arts et les sciences.

M. le Président rappelle que la Société a bien voulu applaudir à l'initiative prise par notre collègue M. F. Reymond, à la Chambre, lors de la discussion de la loi sur le recrutement. M. Reymond nous écrit à ce sujet la lettre suivante :

« Paris, le 3 juillet 1885.

« Mon cher Président,

« Si, comme je le crains, je suis encore empêché de me rendre demain au Comité et à la séance, veuillez, tout en m'excusant, dire à nos collègues combien j'ai été touché de la bienveillante appréciation que vous avez faite de mes paroles à la Chambre, et de la façon dont cette appréciation d'un ami avait été accueillie par la Société.

« Votre bien dévoué,

« F. Reymond. »

M. le Président signale parmi les ouvrages reçus :

Une brochure de M. Corthell, membre de la Société, intitulée *Tehuantepec ship railway*.

Un très beau volume de la *société française de Physique*. La société publie, en ce moment, tous les travaux des créateurs de la physique moderne. Le premier volume comprend les travaux de Coulomb. Le second, celui que nous venons de recevoir, contient des mémoires très intéressants et très importants relatifs aux travaux d'Œrsted, d'Ampère, d'Arago, etc., les maîtres de l'électricité.

Enfin, de M. Girard, membre de la Société, un exemplaire du deuxième rapport relatif aux travaux du *Laboratoire municipal de chimie de la ville de Paris sur les falsifications des denrées alimentaires*. On sait que ces rapports sont extrêmement remarquables et importants, et certainement ils seront consultés à la bibliothèque par tous ceux qui ont besoin de se défendre contre la falsification.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Abel Pifre sur *un nouveau système* (le sien, car il lui appartient), *de moteurs domestiques*. M. Abel Pifre a la parole.

M. Abel Pifre commence sa communication en rappelant à la Société le problème dont il l'avait entretenue en 1880, et relatif à l'utilisation de la chaleur solaire. Après avoir montré en quelques mots à quelles recherches ce problème l'a conduit pour l'utilisation parfaite de la vapeur obtenue par les réflecteurs, il ajoute que les résultats acquis de ce côté l'ont mis sur la voie d'une autre question également pleine d'intérêt. Cette question est celle du perfectionnement de l'outillage de la petite industrie en France. M. Abel Pifre estime que, si le développement de la machine à vapeur porté à sa plus haute puissance et à son plus haut degré de perfection a été la cause majeure de la révolution industrielle qui s'est étendue à tous les pays civilisés, la même machine à vapeur, appropriée aux besoins de la petite industrie, comme elle l'a été aux besoins des grandes entreprises, doit opérer une contre-révolution salutaire au moment où la plupart des grands ateliers sont en souffrance.

A son avis, il doit se produire dans le domaine industriel, représenté actuellement par les grandes usines et les centres de production intensive, la réaction féconde qui s'est produite dans la propriété territoriale en France lors de son morcellement, il y a bientôt un siècle.

Imbu de cette opinion, que l'avenir appartient à la petite industrie bien outillée et bien comprise dans un pays qui brille par son esprit individuel et démocratique, M. Abel Pifre, fort aussi de l'expérience acquise par ses recherches sur l'utilisation pratique et abordable à tous de la vapeur produite par la chaleur solaire, s'est appliqué à créer un petit moteur simple, économique, peu encombrant, et pouvant être conduit par tout le monde, aussi bien dans les villes que dans les campagnes. Il ne prétend pas avoir créé de toutes pièces et d'un seul coup un moteur répondant absolument à son idéal, mais les résultats pratiques et satisfaisants qu'il a obtenus lui permettent de penser qu'il a fait entrer la machine à vapeur dans une voie nouvelle et féconde, et c'est à ce titre qu'il présente son nouveau moteur à la Société.

Ce moteur, il l'a baptisé d'un nom qui rappelle le but de sa création. Il l'a nommé « *automoteur* » pour indiquer que l'artisan, le petit industriel, le cultivateur, ont en lui un moteur pouvant fonctionner pour ainsi dire de lui-même pendant un temps suffisamment long, sans que sa surveillance soit jamais une sujétion ou une source de dépenses hors de proportion avec le travail qu'il produit et avec les ressources de celui qui l'emploie.

M. Abel Pifre a demandé cette solution à la vapeur d'eau, comme étant l'agent de transformation de chaleur en travail le plus simple, le mieux connu, le plus facilement à la portée de tous et en tous lieux applicable. Mais, tout en s'adressant à la vapeur d'eau comme agent, il a visé la simplicité de mise en action et la facilité de conduite des moteurs à gaz, la vapeur d'eau n'intervenant que par ses qualités spéciales qui sont l'économie, la souplesse d'action, la simplicité et le petit nombre des organes mécaniques. Pour remplir ce double but, il ne s'agissait pas de

faire un diminutif de la machine à vapeur actuelle. En effet, ce qui rend inapplicable la machine à vapeur ordinaire à la petite industrie, c'est la surveillance qu'elle exige et qui est la même, quelle que soit la force utilisée.

Or, si l'industriel qui emploie une machine de 25 chevaux peut regarder comme insignifiante la dépense d'un chauffeur mécanicien spécial, il n'en est pas de même pour celui qui n'a besoin que d'une force de 1, 2, 3 ou 4 chevaux.

M. Abel Pifre passe alors à la description détaillée de son automoteur, qui comprend trois parties principales :

1° Le générateur ;

2° Le moteur proprement dit ;

3° Le condenseur.

Le *générateur* est vertical. Il est surmonté d'un couvercle comme les poêles-calorifères ordinaires, et c'est par ce couvercle que se fait le chargement du combustible, au lieu d'avoir lieu par une porte latérale, à la manière ordinaire. Le combustible versé par le couvercle s'accumule dans une sorte de trémie intérieure qui descend à une certaine distance au-dessus de la grille placée tout au bas, sur un cendrier muni d'une porte d'air. On peut donc ainsi accumuler dans cette trémie du combustible pour une durée de plusieurs heures, suivant les cas, et la combustion n'a lieu qu'au bas de la trémie, d'une façon absolument continue et régulière.

Le *moteur* est également vertical, du type si connu et si peu encombrant dit *pilon*, et placé à côté du générateur sur le même socle. Il comporte deux tiroirs de distribution qui ont pour but de diminuer l'étendue des espaces nuisibles. Son cylindre est tout entier en bronze, son piston et ses tiroirs en un métal spécial composé par M. Abel Pifre et analogue à l'antifriction. Sa particularité importante est de n'exiger d'autre lubréfiant que la vapeur d'eau qui circule à son intérieur, et de supprimer ainsi toute dépense et sujétion de graissage.

Le *condenseur* est un condenseur à surface dont les formes varient suivant les installations ou applications et la quantité d'eau de réfrigération dont on peut disposer.

M. Abel Pifre, après cette description faite devant la Société sur un dessin dont les détails seront reproduits dans le Bulletin, explique le fonctionnement de son automoteur.

La chaudière étant remplie d'eau à la hauteur indiquée devant l'indicateur à tube de verre dont elle est munie, on allume le feu exactement comme s'il s'agissait d'un poêle-calorifère ordinaire, avec un peu de menu bois sur la grille, la trémie étant remplie ensuite de combustible. La vapeur produite passe dans le cylindre où elle effectue son travail. L'absence complète de graissage dans ce cylindre permet à cette vapeur de rester pure de tout corps gras, et elle se rend, convertie en eau distillée par son passage à travers le condenseur, dans une petite boîte où la pompe alimentaire la prend pour la réintégrer dans la chaudière. Puisque cette dernière reçoit

ainsi toute l'eau qu'elle a perdue par le fait de la vaporisation, on conçoit que le niveau de l'eau y reste à peu près constant et qu'un ou deux litres, ajoutés à longs intervalles, suffisent pour réparer les pertes que quelques petites fuites peuvent avoir occasionnées. Au cas où la pompe viendrait à s'arrêter, un flotteur électrique placé dans la boîte d'alimentation fait aussitôt résonner une sonnerie, et le propriétaire de la machine averti, réamorce cette pompe au moyen des écrous et robinets spéciaux dont elle est munie à cet effet.

Il s'établit de la sorte, dans l'automoteur en fonction, un cycle fermé qui dispense de toute sujétion, puisqu'il supprime les soins à donner au feu et l'entretien du niveau de l'eau. Or, ces deux points sont ceux qui, dans toute machine à vapeur ordinaire, absorbent au plus haut degré l'attention du conducteur de la machine.

M. Abel Pifre a construit sur ce principe des automoteurs de quart de cheval, demi-cheval, 1 cheval, 2, 3 et 4 chevaux. Il en fait d'ailleurs de forces supérieures, mais il pense qu'au delà de 10 chevaux, par exemple, son système perd de son intérêt spécial parce que, au delà de cette force, la présence d'un chauffeur spécial cesse d'être une dépense hors de proportion avec le travail produit.

M. Pifre a attendu pour exposer ses idées à la Société qu'elles fussent passées de la théorie à la pratique. C'est avec confiance qu'il livre ses travaux à l'appréciation de la Société. Il se met à la disposition de tous ceux de ses membres qui désireraient quelques détails sur la question de principe qu'il vient d'exposer, et il se fera un plaisir de joindre la démonstration à ses explications pour tous ceux qui désireraient visiter quelques-unes de ses installations (*Applaudissements*).

M. le Président ayant demandé si quelque membre de la Société veut faire des observations à la suite de cette communication, un grand nombre de questions sont posées à M. Abel Pifre, notamment par MM. Forest, Crespin, Roy, etc., sur les détails de construction de son automoteur, sur la consommation de combustible, le réglage, la résistance au feu des diverses pièces du foyer, etc., etc.

M. Abel Pifre répond successivement à ces questions. Le diamètre de la chaudière est pour un demi-cheval, de $0^{m},50$, la surface de chauffe de $1^{m^2},25$ par cheval, la grille ayant 18 décimètres carrés. Durant des essais prolongés, on est arrivé, comme chiffre le plus bas, à une dépense de 27 à 28 kilogrammes de vapeur pour produire un seul cheval ; il va sans dire qu'au fur et à mesure que la puissance de la machine diminue son rendement devient moindre.

Le poids d'une machine d'un demi-cheval est de 550 kilogrammes : pour 1 cheval, le poids est de 650 kilogrammes ; pour 2 chevaux, de 1 150 kilogrammes. Les poids subissent une diminution de 250 kilogrammes pour les applications aux canots à vapeur, pour lesquels on supprime le bâti horizontal.

Le réglage de la marche du feu se fait par la porte du cendrier et par

la clef de la cheminée ; mais il est préférable de n'utiliser, dans ce but, que le premier moyen, car la clef, complètement fermée, pourrait donner des inconvénients au point de vue hygiénique. La porte du cendrier fermée et la clef à moitié fermée, le feu s'assoupit assez pour tenir la chaudière en pression, prête à mettre le moteur en marche. La clef ouverte et la porte fermée, l'automoteur tourne à vide sans monter en pression. La porte à moitié ouverte et la clef ouverte, l'automoteur fournit sa force effective. Enfin la porte et la clef ouvertes en grand, la chaudière fournit tout ce qu'elle peut produire de vapeur, et l'automoteur est à son effet maximum.

Le réglage se fait directement par la personne qui emploie la machine ; on n'a pas essayé des mouvements automatiques.

Le combustible est chargé dans un cylindre ou une trémie en tôle de 3 millimètres. Cette pièce est rapportée, elle peut être facilement changée sans refaire de rivure ; sa durée est assez grande.

L'automoteur d'un cheval consomme, en moyenne, un hectolitre de coke par 10 heures de travail, allumage et repos de midi compris, ce qui correspond à 4 kilogrammes de coke par cheval et par heure. Les automoteurs de 4 chevaux ne consomment que 210 litres de coke pour le même temps, ce qui fait un peu plus de 2 kilogrammes par cheval et par heure.

L'emploi du coke est recommandé de préférence, parce que c'est un combustible propre, homogène, facile à trouver presque partout, ne donnant pas de fumée, et, surtout, descendant facilement dans la trémie de l'automoteur parce qu'il ne s'agglutine jamais.

Les essais faits avec la houille, tout en donnant un bon fonctionnement, ont montré que, dans ce cas, il fallait rendre hermétique la fermeture du couvercle, afin d'éviter toute odeur, et qu'il fallait également donner de temps en temps un coup de ringard dans la trémie pour faire descendre les morceaux agglutinés ensemble. En élargissant la trémie, on peut chauffer au bois.

Les gaz sortant de la cheminée n'ont pas été analysés ; on n'a pas à redouter, du reste, une combustion incomplète du coke, car bien qu'il soit chargé sur une hauteur considérable, la zone annulaire où passe l'air n'a que 8 à 10 centimètres d'épaisseur, ce qui rend la combustion très complète.

La mise en pression de l'automoteur exige environ vingt minutes.

La conservation des tubes de la chaudière est assurée par leur position à la partie inférieure de l'appareil, là où l'eau ne peut jamais manquer, et par leur verticalité. Aussi n'a-t-on jamais constaté un cas de brûlure avec la disposition actuelle. Primitivement, lorsque ces tubes étaient placés presque horizontalement, la circulation s'y faisait mal, et il y a eu quelques cas de détérioration. C'est là ce qui a conduit au dispositif avec tubes verticaux.

Les incrustations sont à peu près impossibles dans ces tubes, vu la rapi-

dité de la circulation de l'eau à leur intérieur, où rien ne la gêne. Il faut d'ailleurs ne pas oublier ce fait concluant, que l'automoteur employant toujours la même eau, les dépôts ne pourraient être que ceux provenant des deux ou trois litres d'eau ajoutés tous les jours pour réparer les pertes dues à quelques fuites ou joints mal entretenus.

M. Abel Pifre ajoute encore qu'il a établi des comparaisons de prix avec les moteurs à gaz, mais qu'il ne veut pas entrer dans ce détail, s'étant borné à exposer à la Société une question de principe; on peut, d'ailleurs, comparer les machines, sachant que l'automoteur consomme un hectolitre de coke par cheval et par jour.

M. le Président donne la parole à M. Contamin qui a une observation à présenter.

M. Contamin constate qu'il résulte des chiffres cités, qu'avec 4 kilogrammes de coke par heure, on produit un cheval : c'est bien en dessous de la consommation de nos petites locomobiles installées pour un faible travail. Seulement, il faudrait savoir quelle est la quantité d'eau nécessaire pour condenser la vapeur. Cette eau, à Paris, coûte très cher.

M. Abel Pifre répond qu'avec son condenseur à surface placé auprès de l'automoteur, avec seulement 2 ou 3 mètres de longueur de tube d'échappement, il faut compter sur une dépense de 270 litres à l'heure pour l'automoteur d'un cheval, de 500 litres pour celui de 2 chevaux, et de 700 litres pour celui de 3 chevaux. Mais en augmentant la longueur du tuyau d'échappement avant son arrivée au condenseur, on descend bien au-dessous de ces consommations. Il cite pour exemple un automoteur d'un demi-cheval, qui, avec un tube d'échappement de 25 à 30 mètres, placé le long d'un mur, arrive à se passer d'eau. M. Abel Pifre ajoute qu'il expérimente depuis quelque temps un nouveau condenseur qui semble devoir diminuer considérablement la dépense d'eau pour ses automoteurs de 1, 2, 3 chevaux et au-dessus. Mais il n'est pas suffisamment prêt pour entrer dans le détail de sa construction.

M. Contamin dit que, dans les localités où il n'y a pas de gaz, cette disposition peut évidemment présenter de grands avantages sur les petites locomobiles qui exigent un grand entretien. Mais là où l'on a du gaz, il faut tenir compte, pour apprécier l'économie de l'automoteur, et du prix du gaz et du prix de l'eau, lorsqu'elle coûte cher.

M. Abel Pifre répond que la comparaison entre l'automoteur et le moteur à gaz peut être faite immédiatement, car ce sont précisément les meilleurs moteurs à gaz, ceux qui dépensent le moins de gaz à force égale, qui nécessitent de l'eau pour leur refroidissement, Or ces moteurs exigent en service régulier un minimum de 40 litres par heure pour ceux de un cheval, 90 litres pour deux chevaux, et il faut y ajouter un demi-kilogramme d'huile par cheval et par 10 heures rien que pour leur cylindre, dépense qui est nulle dans l'automoteur.

M. Abel Pifre, répondant ensuite à des questions qui lui sont posées sur les formalités administratives nécessaires pour l'installation de son

moteur, dit qu'une simple déclaration suffit. Vu la faible quantité d'eau contenue dans les chaudières, on pourrait obtenir une dispense spéciale, ainsi qu'on vient de le faire observer; mais M. Abel Pifre a préféré satisfaire d'abord aux règlements, en plaçant sur ses automoteurs le luxe d'appareils de sûreté qu'ils comportent, notamment la bâche d'alimentation qui constitue une contre-partie de l'indicateur de niveau d'eau, son avertisseur électrique, etc. Tout cela ne fait, effectivement, qu'augmenter la confiance de l'acquéreur, et c'est lorsque ses automoteurs seront répandus en grand nombre, qu'il déposera sa demande de dispense, désirant qu'elle soit appuyée par la preuve incontestable qu'il ne peut arriver aucun accident.

M. Roy demande quel est le prix du petit moteur d'un cheval.

M. Abel Pifre dit que s'il a passé sous silence les prix de ses appareils, c'est qu'il a tenu à laisser à sa communication le caractère d'un exposé de principe.

L'automoteur d'un cheval coûte 2 000 francs; celui de deux chevaux 2 500 francs; et celui de trois chevaux, 3 000 francs.

M. Roy ajoute que c'est aussi une question de principe que celle du capital à dépenser pour faire l'acquisition d'un moteur. Évidemment, le travail exigé par la construction de la chaudière, de la machine et des appareils de condensation est important, d'où les frais de premier établissement assez considérables.

M. le Président remercie M. Abel Pifre de sa communication, qui a vivement intéressé la Société. La discussion a été très longue et prouve avec quelle attention on a suivi ses explications. Nous sommes heureux d'avoir entendu M. Abel Pifre montrer que la machine à vapeur pourrait soutenir la comparaison avec le moteur à gaz. Une petite excursion à bord du bateau qu'il a construit permettrait de mieux juger encore la valeur de son système.

M. Abel Pifre dit que les membres de la Société qui voudraient faire cette excursion seront les bienvenus.

M. le Président informe la Société que M. Touchet, dont la note sur le *rouleau compresseur électrique* de M. E. Gellerat est à l'ordre du jour, se trouve retenu à Versailles, et l'a prié de faire lire son travail par l'un des secrétaires. M. Giraud donnera lecture de la note, très courte, mais très intéressante. On est surpris de voir qu'on peut arriver à faire mouvoir une machine aussi lourde que le rouleau compresseur par l'électricité, qui est si capricieuse. Il y a eu un échec relatif, mais l'essai reste digne de remarque.

M. Giraud lit la note suivante :

Une intéressante application de la machine dynamo-électrique a été faite, à la fin de 1883, par M. E. Gellerat, entrepreneur de travaux publics,

chargé depuis un grand nombre d'années, du cylindrage des chaussées macadamisées de Paris.

Le soussigné, qui a eu l'honneur de collaborer à l'expérience, demande à la Société la permission de lui rendre compte, en quelques lignes, des résultats obtenus.

Le problème que M. Gellerat s'était posé était complexe : il s'agissait de faire mouvoir sûrement, à l'aide du fluide électrique, à une vitesse de trois ou quatre kilomètres à l'heure, un rouleau compresseur analogue à ceux qu'il emploie, c'est-à-dire capable de marcher avec une égale facilité, en avant ou en arrière, et assez lourd pour produire sur les empierrements à comprimer le maximum d'effet utile. L'appareil devait porter avec lui son générateur électrique.

Enfin, le mécanisme de la direction qui, dans les cylindres à vapeur, est commandé à bras d'homme, devait être mû électriquement.

Comme il ne s'agissait pas seulement de l'étude sur le papier d'une machine plus ou moins heureusement combinée, mais qu'on voulait acquérir, par une série d'expériences pratiques, suffisamment prolongées, la certitude que l'appareil était susceptible d'un emploi industriel régulier, il fallait, tout d'abord, s'enquérir d'une source électrique puissante.

Des piles primaires, faciles à recharger et, par conséquent, d'une durée indéfinie, eussent été préférées à tous égards. Mais aucune de celles actuellement connues ne paraissant présenter de garantie suffisante, le prix de celles dont il était le plus avantageusement parlé se trouvant beaucoup trop élevé, l'idée de leur utilisation devait être momentanément écartée.

Les piles secondaires ou accumulateurs pouvaient seules donner, à un prix abordable, la force dont on avait besoin. L'inconvénient que présentent les accumulateurs lorsqu'on les destine à actionner un véhicule automoteur servant aux transports, c'est-à-dire leur poids considérable, devenait un avantage pour les rouleaux compresseurs, puisque le résultat produit par ceux-ci est le résultat d'une combinaison intense de poids et de vitesse.

M. Gellerat se décida, en conséquence, à se servir des accumulateurs et, parmi les divers types connus, choisit les accumulateurs Faure comme les plus parfaits et les seuls applicables pour le moment.

Les conseils et les indications pratiques de notre éminent collègue, M. Raffard, lui furent précieux à cette occasion. Ils lui facilitèrent beaucoup ses recherches et lui évitèrent bien des tâtonnements.

Un dernier point restait à trancher : quelle machine dynamo emploierait-on comme machine motrice? Les dynamos Siemens furent choisis comme les plus simples et comme ayant fait déjà leurs preuves dans diverses applications.

Pour perdre le moins de temps possible en constructions spéciales, M. Gellerat prit le parti de faire usage du châssis d'un de ses plus petits

cylindres à vapeur en le laissant monté tel quel sur ses rouleaux. On se borna à enlever la chaudière, le moteur à vapeur et sa transmission, ainsi que les caisses à eau qui devenaient sans objet.

Il resta, par conséquent, une plate-forme d'environ $5^{m},50$ de longueur sur 2 mètres de large, portée sur deux rouleaux de fonte de $1^{m},20$ de diamètre et de $1^{m},40$ de génératrice. Le tout pouvait peser à peu près dix à onze tonnes.

Cette plate-forme fut fermée par une rampe continue en tôle, et reçut une couverture de même nature supportée par des montants en fer. Ces montants, au moyen de deux rangs de tablettes également espacées entre le plancher et la couverture, permirent de caser, en trois étages, 104 accumulateurs Faure du type pesant environ 60 kilogrammes, ce qui représentait une surcharge de 6 000 à 6 500 kilogrammes.

Vers l'axe transversal de la machine, on avait réservé un espace vide pour le moteur et sa transmission, ainsi que pour le moteur de l'appareil de la direction et l'ouvrier chargé d'en surveiller la marche.

Dans un réduit ménagé à l'arrière, du côté droit, se tenait le mécanicien ayant sous la main les commutateurs, les appareils de résistance et ceux destinés à mesurer la dépense de force électrique.

Moteur

Les dynamos et les différents organes de la transmission devaient peser environ une tonne. Le poids total général du système, avec les accumulateurs, devait donc être voisin de 18 tonnes. (Lorsque l'appareil fut terminé et chargé, on le conduisit sur un pont à bascule et son poids exact fut reconnu de 18 500 kilogrammes.)

Les cylindres à vapeur du même poids ont un moteur faisant normalement 10 à 15 chevaux, mais capable de donner exceptionnellement et pour un coup de collier, une force beaucoup plus considérable.

Il était donc de toute nécessité de munir le rouleau électrique d'un moteur ayant la même force nominale et pouvant, le cas échéant, la dépasser.

Le dynamo Siemens du type D^{2}, à la vitesse de 800 à 1 000 tours, correspond à 6 chevaux-vapeur. C'était trop peu et cependant il était désirable de pouvoir employer ce type sur lequel on possédait les meilleures et les plus complètes indications. M. Gellerat fut donc conduit à munir son rouleau électrique de deux dynamos D^{2} actionnant le même arbre, ce qui, à une vitesse relativement réduite, devait donner douze chevaux-vapeur qui pouvaient être considérablement dépassés, s'il était nécessaire, par une simple augmentation de vitesse.

Pour actionner la direction, on prit une petite dynamo D^{4} faisant normalement un cheval et quart, ce qui était bien plus que suffisant puisqu'il ne s'agissait que de remplacer la force d'un homme.

Transmission

Ces points étant réglés, voici quelle fut la disposition arrêtée.

Les deux dynamos D^2 furent installées sur un bâti spécial horizontal, un peu en contre-bas du plancher inférieur. Elles furent placées parallèlement et symétriquement de chaque côté de l'axe transversal de l'appareil.

L'extrémité de l'axe de chacune d'elles était muni d'un pignon denté : les deux pignons engrenant avec une même roue dentée calée sur un arbre horizontal.

Cet arbre commandait à son tour, par un engrenage droit d'un rapport convenablement choisi, l'arbre qui, dans les cylindres à vapeur, transmet le mouvement aux pignons qui portent les chaînes-galle entraînant les rouleaux, et qui est dénommé : « *arbre intermédiaire.* »

Cet arbre est muni du côté opposé à celui où il reçoit la commande du moteur, d'une petite roue droite engrenant avec deux petites roues semblables calées sur deux bouts d'arbres parallèles au premier et symétriquement placés de chaque côté. Ces bouts d'arbres portent, en outre, chacun, un pignon sur lequel vient s'enrouler une chaîne-galle très résistante et, en même temps, très simple.

Disons, en passant, que ce type de chaîne-galle, imaginé par M. Gellerat, est maintenant couramment employé dans les transmissions d'un grand nombre d'appareils et notamment des excavateurs.

La chaîne entraîne une grande roue dentée parallèle au longeron et qui, par l'intermédiaire d'un *toc*, commande le rouleau, quelle que soit sa position par rapport à l'axe de la machine.

Les rouleaux sont fous sur leur essieu qui ne peut tourner mais dont une des extrémités peut se déplacer horizontalement. L'autre extrémité, terminée par un renflement sphérique qui lui sert de rotule, est emprisonnée dans le moyeu de la roue à chaîne.

Ces dernières dispositions n'avaient rien de spécial au rouleau électrique : ce sont celles des cylindres à vapeur.

Direction

La direction, comme pour les cylindres à vapeur, était obtenue par la convergence des rouleaux vers le centre de la courbe à parcourir.

Cette convergence résulte du rapprochement ou de l'éloignement des extrémités libres des essieux.

Ces extrémités libres sont rattachées à des tirants partant des écrous

dans lesquels passe une même tige horizontale dont les deux bouts sont filetés en sens inverse. Au milieu de cette tige, est un petit engrenage d'angle qui permet de la faire tourner à volonté d'un côté ou de l'autre.

Ce petit engrenage est commandé par un arbre vertical portant un volant manœuvré par un homme.

Dans le rouleau électrique, le volant était remplacé par une roue d'angle engrenant avec un pignon calé sur l'axe d'une petite dynamo D^4.

Fonctionnement de l'appareil

Les machines D^3 et D^4 étaient pourvues chacune d'un changement de marche à quatre balais.

Un levier actionnant un mouvement de sonnette et placé sous la main du mécanicien permettait à celui-ci de changer instantanément la marche du moteur, sans même interrompre le circuit. Cependant, pour éviter les étincelles et les détériorations des dynamos qui en sont la conséquence, il est préférable de ne changer la marche qu'après avoir interrompu le courant.

Pour la dynamo de la direction, le levier de changement de marche était vertical. Le pilote, en l'inclinant tantôt à droite et tantôt à gauche, dirigeait la machine avec autant de sûreté et sans plus de fatigue qu'un barreur à l'arrière d'un canot.

Le rouleau électrique portait, comme on l'a vu plus haut, 104 accumulateurs d'une puissance approximative de 2 volts chacun, ce qui représentait environ 200 volts.

Dix-sept accumulateurs étaient réservés à la direction lorsqu'il était nécessaire de la faire agir. Le surplus était employé, soit partiellement, soit en totalité, pour la progression du rouleau. Mais, sur un terrain ferme, cinquante accumulateurs suffisaient avec une intensité de courant variant entre 30 et 40 ampères, ce qui représentait une force de $\frac{100^k \times 35^a}{10} = 350$ kilogrammètres ou 4 à 5 chevaux-vapeur. Toutefois, avec cette faible dépense, on n'obtenait qu'une vitesse d'environ 2 kilomètres à l'heure, ce qui serait insuffisant dans la pratique.

Après diverses évolutions facilement obtenues, le rouleau fut conduit hors de la cour, où les premières expériences avaient eu lieu, et dirigé sur un empierrement voisin.

Cet empierrement, en silex roulé de carrière, avait une épaisseur de 20 à 25 centimètres. Il était établi sur un remblai en partie argileux et recouvrant une voûte d'égout récemment construite; la chaussée présentait une déclivité de deux à trois centimètres par mètre.

Aussitôt la machine sur l'empierrement, les cent quatre accumulateurs furent mis en action, le cylindrage commença à une allure normale de

trois à quatre kilomètres à l'heure et se poursuivit pendant près de trois heures, avec autant de facilité que si la machine employée eût été actionnée par la vapeur.

La dépense d'électricité se mesurait elle-même à la résistance rencontrée dans la chaussée. L'intensité du courant, qui était moyennement de 35 ampères, atteignit dans un passage exceptionnellement pénible jusqu'à 75 ampères, ce qui, pour les 104 accumulateurs, correspondait à un effort de $\frac{75^{a} \times 200^{v}}{10 \times 75^{kgm}} = 20$ chevaux-vapeur.

Après une expérience aussi satisfaisante, la machine fut ramenée à son dépôt.

Les accumulateurs avaient fonctionné pendant quatre heures. Ils n'étaient pas à moitié déchargés, car chacun d'eux accusait encore plus d'un volt.

Hâtons-nous de dire, toutefois, qu'il est probable qu'ils n'auraient pu servir longtemps encore si l'expérience avait dû se prolonger.

CONCLUSION.

En présence d'un pareil résultat, on peut affirmer sans utopie que l'électricité est la véritable force motrice de l'avenir.

Jamais, croyons-nous, ce fluide n'avait mis en mouvement des poids comparables aux 18500[k] du rouleau électrique.

Cependant, l'emploi industriel de cet appareil ne paraît pas encore possible. L'inventeur n'a même pas pu reproduire publiquement ses expériences, au centre de Paris, comme il en avait l'intention ; les accumulateurs Faure s'étant trouvé appartenir à une société financière qui a sombré.

En outre, et en laissant de côté cette fâcheuse circonstance, nous sommes forcés de reconnaître que le renouvellement, après chaque période de quatre heures, d'une charge de 5 000 à 6 000[kg] d'accumulateurs, ne semble pas bien facile.

Il faut donc attendre, soit des accumulateurs de même puissance que ceux de Faure mais d'une plus grande durée et d'un poids relativement faible, soit une pile primaire efficace et économique.

Beaucoup d'ingénieurs d'une compétence particulière poursuivent parallèlement, en ce moment, la recherche de ces deux solutions. — Tout permet d'espérer que, dans peu d'années, elles seront acquises à l'industrie. Il surgira alors, sans aucun doute, des applications innombrables. Celle du rouleau électrique aura été une des premières en date, et M. Gellerat pourra, avec justice, en revendiquer l'honneur.

M. le Président remercie M. Giraud d'avoir bien voulu lire la note de M. Touchet. L'essai de faire mouvoir par l'électricité un rouleau compresseur d'un poids aussi considérable, méritait d'être porté à la connaissance de la Société.

L'ordre du jour appelle le compte rendu, par M. Quéruel, des essais faits au mois de mars dernier sur une machine à vapeur de son système, construite par M. A. Crespin.

M. Quéruel a la parole.

M. Quéruel expose d'abord le programme des expériences qu'il a entreprises. Le programme était ainsi fixé :

1° Relevé de diagrammes correspondants au moyen de deux appareils ;
2° Pesée de l'eau d'alimentation ;
3° Jaugeage de l'eau à l'issue du condenseur ;
4° Calorimétrie ;
5° Application du frein.

La machine soumise aux essais est verticale (type pilon), à deux cylindres, manivelles à 180 degrés.

Les diamètres des pistons sont :

Petit cylindre, $0^{m},315$.

Grand cylindre, $0^{m},600$.

Course commune, $0^{m},725$.

L'expérience B au frein a eu lieu le 15 mars 1885. Sa durée a été de 3 heures 10 minutes.

Eau d'alimentation par heure	441^{k}
Puissance indiquée	$75^{chv},83$
Puissance nette au frein.	$69^{chv},00$
Rendement.	0,91
Eau d'alimentation par heure et par force de cheval effectif	$6^{k},390$

Ce nombre $6^{k},390$ était plus élevé qu'à l'ordinaire. La machine, en effet, n'avait point été visitée depuis plus d'une année et les ressorts étaient un peu détendus. La vapeur cotait 14 pour 100 d'eau.

Après avoir remédié par un léger serrage au désordre passager des tiroirs, deux nouveaux essais ont été faits en marche industrielle.

La moyenne de ces deux essais a été :

	ESSAI C 29 avril 1885 à 13 pour 100 d'eau	ESSAI D 2 mai 1885 à 11 pour 100 d'eau
Eau d'alimentation par heure.....	398k,79	361k,6
Puissance indiquée.....	75ch,07	72ch,17
— effective.....	68ch,31	65ch,67
Eau d'alimentation par cheval effectif.	5k,835	5k,527

Ainsi avec fuites au tiroir et vapeur à 13 °/₀ d'eau B = 6k,390
Fuites arrêtées. Vapeur à 13 °/₀ d'eau . . . . C = 5k,835
— — 11 °/₀ d'eau . . . . D = 5k,527
Essai du 23 janvier 1883 à 5 °/₀ d'eau . . . . A = 5k,011

On voit par ces nombres décroissants, à mesure que la vapeur devient plus sèche, l'importance de bonnes chaudières pour la production de vapeurs sèches.

Comparé avec les systèmes les plus en faveur :

Essai B du 15 mars (système Quéruel) réalise une économie

sur la moyenne des Corliss 0,2811
sur la moyenne des 2 cylindres 90° . 0,1840

Essai A du 23 janvier 1883 (système Quéruel) réalise une économie

sur la moyenne des Corliss 0,4363
sur la moyenne des 2 cylindres 90°. . 0,3601

Enfin, la calorimétrie des trois essais B, C, D a permis de contrôler les opérations analytiques et a donné la preuve de leur précision.

M. LE PRÉSIDENT demande si quelque membre a à faire des observations sur la communication de M. Quéruel.

M. DOUANE prend la parole pour affirmer les résultats que M. Quéruel a annoncés. Il a collaboré à ces expériences et d'autres personnes qui les suivaient aussi, sont là toutes prêtes à certifier l'exactitude des résultats indiqués par M. Quéruel.

A l'expérience du 15 mars, les assistants ont jaugé l'eau et ont trouvé 6 kil. 390. Ce chiffre a une grande importance, vu la faible force de la machine, qui est de 69 chevaux et n'a que 40 mètres carrés de surface de chauffe. C'est ce qui explique parfaitement les entraînements d'eau dont M. Quéruel a parlé tout à l'heure.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Quéruel d'avoir apporté à la Société les résultats de ses essais, qu'il continue avec un grand courage, depuis longtemps. On ne peut qu'être heureux des résultats qu'il a indiqués, et des progrès accomplis dans les recherches à l'aide desquelles ces résultats ont été obtenus.

MM. Boveyscha, Dareste de la Chavanne, Ennes, Heilmann et Maximovitch ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à 11 heures.

Séance du 17 Juillet 1885.

PRÉSIDENCE DE M. DE COMBEROUSSE

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT demande s'il y a des observations sur le procès-verbal de la dernière séance.

Le procès-verbal de la séance du 3 juillet est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer à la Société que trois de nos collègues ont été nommés chevaliers de la Légion d'honneur. Ce sont : MM. Contamin, A. Mallet et Léon Francq. Ces trois nominations seront accueillies avec la plus vive sympathie.

M. Pasquier a reçu l'Ordre de chevalier de la Couronne de Fer d'Autriche et du Sauveur de Grèce.

M. LE PRÉSIDENT signale, parmi les ouvrages offerts : Un exemplaire du *Rapport* présenté à la Société d'Encouragement, par M. Tresca, *sur le système de locomotive Compound*, de M. A. Mallet ;

(Cette publication doit être recommandée spécialement comme la dernière œuvre de notre Président honoraire et le dernier rapport fait par lui à la Société d'Encouragement.)

Des observations techniques formulées par M. Piarron de Mondésir, membre de la Société, à propos du mémoire de M. Boudenoot sur la distribution de la force motrice à domicile au moyen de l'air raréfié ;

Un exemplaire du tome Ier du *Traité théorique et pratique des pompes et machines à élever les eaux* (texte et atlas), par M. Poillon, membre de la Société.

Cette publication promet d'être extrêmement complète. Elle comble une lacune dans la partie de la littérature technique qui se rapporte à l'élévation des eaux. Il n'y a aujourd'hui sur ce sujet que l'ouvrage de M. le général Morin, et les deux gros volumes que M. Poillon fait paraître en ce moment sont une œuvre importante.

On trouvera plus loin le détail des dons faits à la Société.

M. LE PRÉSIDENT a reçu la lettre suivante :

« Paris, 16 juillet 1885.

« Monsieur le Président,

« J'ai l'honneur de vous remettre pour la Société : 1° Un plan portatif de l'Exposition d'Anvers, ayant au verso un plan de la ville, indiquant l'emplacement de l'Exposition, près de l'avenue du Sud ;

« 2° Quelques notes sommaires prises dans une courte visite au commencement de juin dernier, concernant les ponts et chaussées de Belgique et le matériel des chemins de fer.

« Si vous jugez que ces renseignements offrent quelque intérêt pour nos collègues, ils pourraient être insérés à la suite du compte rendu de la séance du 17 courant, dont le procès-verbal sera distribué pour la séance du 7 août, c'est-à-dire avant le départ pour Anvers.

« Veuillez agréer, etc.

« J. MORANDIERE. »

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Morandiere de son attention. Il croit utile, en vue du prochain voyage des membres de la Société, de publier, comme annexe au procès-verbal de cette séance, les notes recueillies par notre collègue.

Il fera distribuer également, aux membres de la Société qui se rendront à Anvers, le petit plan dont M. Morandiere nous a rapporté un specimen.

M. Fleury a la parole pour un hommage à la Société.

M. FLEURY a l'honneur de déposer sur le bureau de la Société quelques exemplaires du catalogue détaillé de la section des travaux publics à l'Exposition coloniale française, à Anvers. C'est plus et mieux qu'un catalogue. Chaque article est suivi d'une notice intéressante, très complète et

très exacte. C'est un de nos collègues, M. des Tournelles, chargé de l'organisation de cette partie de l'Exposition, qui a rédigé ces notes, et qui a chargé M. Fleury d'en faire, en son nom, hommage à la Société.

M. LE PRÉSIDENT remercie MM. Fleury et des Tournelles.

Il donne connaissance de la lettre suivante :

« Rome, le 20 juillet 1885.

« Monsieur le Président,

« C'est avec une vive douleur que nous avons appris la mort de M. Tresca, Président honoraire de votre association.

« Interprète des sentiments éprouvés par tous les membres de notre association, aussi bien que par tous les ingénieurs de la ville, je vous adresse les expressions de la plus sincère condoléance, en vous priant d'en faire part aux membres de votre Société distinguée.

« J'ai l'honneur, Monsieur le Président, d'être, avec la plus parfaite considération,

« *Le Président du Collège des Ingénieurs et Architectes de Rome,*

« G. CADOLINI. »

Nous envoyons à nos confrères italiens l'expression de notre gratitude pour leur sympathie.

M. LE PRÉSIDENT prend la parole en ces termes :

Messieurs,

Avant de suivre l'ordre du jour, j'ai à vous demander la permission de saluer, avec vous, un anniversaire qui me semble ne pas pouvoir passer inaperçu à la Société des Ingénieurs civils.

L'établissement du premier chemin de fer français, complètement armé pour le transport des voyageurs comme pour celui des marchandises, a été décrété, il y a juste cinquante ans, le 9 juillet 1835.

C'est, en effet, la date de la loi par laquelle Émile Pereire fut autorisé à construire, *à ses frais, risques et périls*, la ligne de Paris à Saint-Germain.

Ce n'était qu'une petite ligne par son étendue, puisqu'elle n'avait que 18 kilomètres de longueur, mais elle était grande par ses conséquences certaines.

Les premiers essais, vous le savez, avaient été faits à Saint-Étienne et à Andrézieux, où le génie de Marc Seguin venait d'inventer, avant Georges Stephenson, la chaudière tubulaire avec tirage par jet de vapeur. Mais le chemin de fer de Saint-Germain offrait le premier type achevé de ce nouveau moyen de locomotion qui allait transformer si profondément les conditions de la vie moderne.

Nous pouvons donc saluer et honorer hautement le nom du courageux

ingénieur qui, avec une intuition singulière et une prescience passionnée, vint apporter à la monarchie de Juillet cette puissance nouvelle et cet agent de civilisation.

Ce cadeau ne fut pas accepté sans résistance. Il fallut lutter pied à pied et avec une rare énergie. Émile Pereire se dépensa pendant trois ans en efforts, en démarches, en éloquentes démonstrations, pour parvenir à faire sortir des cartons de la Chambre le projet de loi nécessaire pour obtenir la concession. C'est le 7 septembre 1832 qu'il apporta à la Direction générale des ponts et chaussées les plans du chemin de fer de Paris à Saint-Germain; c'est le 9 juillet 1835 qu'il eut enfin gain de cause auprès des Chambres et du gouvernement.

Les hommes d'État souriaient et se moquaient un peu; les savants les plus éminents craignaient et doutaient.

M. Thiers disait à Émile Pereire : « Votre chemin de fer n'est qu'un joujou pour amuser les Parisiens. Jamais vous ne pourrez le faire servir au transport des marchandises. » L'illustre Arago secouait la tête et murmurait : « Ce n'est pas pratique. C'est très ingénieux, très intéressant; mais ce n'est pas pratique. »

Seulement, Émile Pereire avait pour lui cette force immatérielle qui transporte les montagnes et finit par réduire les obstacles quels qu'ils soient : il avait foi en son idée, il croyait à l'avenir.

Il eut le bonheur de trouver, comme directeur général aux Travaux Publics, M. Legrand, homme d'un mérite supérieur et dont le nom ne peut être oublié. M. Legrand fut, dans les régions officielles, son plus fidèle auxiliaire et son dévoué défenseur. Sans lui, il eût sans doute succombé.

Les banquiers, chose singulière, étaient encore plus hésitants, plus récalcitrants que les savants et les hommes d'État. Et pourtant que fallait-il pour la construction du chemin de fer de Saint-Germain, d'après les plans et devis déposés ? Six millions, pas plus. Qu'est-ce aujourd'hui qu'une pareille goutte d'eau pour les capitalistes ! Il y a cinquante ans, Émile Pereire ne les trouvait pas pour une création qui devait révolutionner le monde.

Enfin l'habile ingénieur triompha. MM. Adolphe d'Eichtal et Auguste Thurneyssen furent les premiers convertis et déposèrent ensemble le cautionnement de deux cent mille francs exigé par le gouvernement. Un peu après, MM. de Rothschild et Samson-Davillier se laissèrent convaincre à leur tour, et formèrent avec les deux premiers capitalistes le conseil d'administration de la nouvelle entreprise.

Du jour où le nom de M. de Rothschild fut prononcé, les difficultés et les hésitations disparurent et, trois mois après, la concession fut obtenue.

Je n'ai pas besoin de dire le succès magnifique qui récompensa Émile Pereire de ses efforts. Secondé par son frère Isaac qu'on ne peut séparer de lui, il inaugura, comme directeur, le chemin de fer de Saint-Germain, le 27 août 1837. Ce chemin était, dans sa pensée, l'amorce du réseau de l'Ouest. La ligne du Nord suivit bientôt ; puis, celle d'Orléans, celle de

Lyon, celle de l'Est et celle du Midi : les chemins de fer français étaient créés.

Émile et Isaac Pereire ne furent pas seuls ; comme tous les initiateurs, ils surent grouper autour d'eux une légion d'hommes d'élite. Citons au premier rang Stéphane Mony, l'un de nos présidents et le frère aîné d'Eugène Flachat, Lamé, Clapeyron, Eugène Flachat lui-même, Fournel, Petiet, Lechâtelier, Maniel, Collignon, Surrell. N'oublions pas, dans les autres compagnies qui se formèrent, Vuigner, Polonceau, Vuillemin, Love, et tant d'autres, honneur du génie civil. (*Très bien! Très bien!*)

Le chemin de fer de Saint-Germain peut être fier de ses enfants. En cinquante ans, le réseau français a passé des 18 kilomètres de ce *joujou* à 31 560 kilomètres en exploitation. Sa valeur est de 12 milliards. Ses recettes brutes s'élèvent à 1150 millions et ses recettes nettes à 500 millions. Il transporte annuellement 180 millions de voyageurs et 85 millions de tonnes de marchandises. Il donne à l'État 83 millions d'impôts, sans compter le bénéfice des transports gratuits de la poste et des réductions de prix consenties pour l'armée. Enfin, son personnel forme une armée de 223 000 hommes.

Notre Société s'associe de tout cœur au cinquantenaire de la création des chemins de fer français, elle s'incline devant cette œuvre immense, elle honore profondément la mémoire de ceux qui ont tant contribué à l'accomplir. Nous retrouverons bientôt, chez nos confrères belges, l'expression de la même sympathie et de la même reconnaissance pour les auteurs de leur réseau. J'ai tenu à ne pas rester en arrière pour la France.

Puisqu'il faut qu'il y ait toujours un point noir dans les choses humaines, permettez-moi de dire en terminant que, si les progrès moraux effectués pendant ce demi-siècle avaient été à la hauteur des progrès matériels obtenus, c'est l'âge d'or qui commencerait sur la terre. Malheureusement, nous n'en sommes pas encore là! (*Applaudissements.*)

L'ordre du jour appelle l'analyse par M. Auguste Moreau de la communication faite par notre confrère, M. Vauthier, au congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, tenu à Blois en 1884, sur *l'entraînement et le transport par les eaux courantes des vases, sables et graviers*. La question est délicate et intéressante. M. Vauthier avait promis d'assister à la séance. Nous regrettons qu'un empêchement survenu au dernier moment nous prive de sa présence.

M. Auguste Moreau a la parole.

M. Auguste Moreau expose un résumé du travail de M. Vauthier.

Après avoir bien posé la question qui consiste à étudier les mouvements dans l'eau courante, de certaines matières de densité supérieure à la sienne, M. Vauthier constate qu'il n'existe pas encore d'étude bien approfondie sur ce sujet, qu'il se propose de traiter. Pour cela il commence, en s'appuyant sur les formules de Dubuat, basées elles-mêmes en grande partie sur les expériences de Newton, à préciser les conditions du mouvement d'un corps

ayant la densité de la pierre et descendant dans l'eau sous l'action de la pesanteur. Il rappelle rapidement les formules de Dubuat qui vont lui être utiles à chaque pas dans la suite.

En supposant simplement un corps sphérique descendant sous l'effet de la pesanteur dans une eau en repos et prenant le mètre pour unité de longueur et la seconde pour unité de temps; appelant en outre :

g l'accélération due à la pesanteur, soit $9^{m},8088$ ou 10 en nombre rond

v la vitesse;

e la base du système des logarithmes népériens;

s l'espace parcouru;

d le diamètre du corps sphérique considéré;

D sa densité;

K coefficient de résistance du liquide au mouvement du corps plongé. — Cette résistance étant considérée, ainsi que tout le monde l'admet aujourd'hui, comme proportionnelle au carré de la vitesse de déplacement et à la section ω du corps normale à la vitesse (maître couple des marins) — le terme exprimant la résistance R est de la forme:

$$R = K \omega \frac{v^2}{2g}.$$

Cela bien établi, si l'on pose pour simplifier :

$$v_1 = 2\sqrt{\frac{g\,d\,(D-1)}{3\,K}},$$

et

$$N = \frac{1}{D}\sqrt{\frac{3\,g\,K\,(D-1)}{d}},$$

et si l'on admet que la vitesse et l'espace parcourus sont nuls pour $t = 0''$, on obtient pour valeur de la vitesse l'expression transcendante :

$$(A) \qquad v = v_1 \frac{e^{Nt} - 1}{e^{Nt} + 1},$$

et pour celle de l'espace parcouru :

$$(B) \qquad S = v_1 \left[t - \frac{2.\,l2}{N} + \frac{2}{N}\, l.\left(1 + \frac{1}{e^{Nt}}\right) \right].$$

La première chose à faire est de déterminer la valeur du coefficient de résistance K dans l'hypothèse de l'eau et d'un corps ayant la densité de la pierre.

M. Vauthier s'arrête avec Newton et Dubuat à K = 0,50, tout en faisant remarquer que K n'entrant dans les expressions précédentes que sous le

radical, des hésitations sur le choix de ce coefficient n'entraîneraient pas de grandes différences dans le résultat final.

Quant à la densité des corps entraînés par les eaux, elle varie entre 1.5 et 2.5 ; pour simplifier les recherches on adoptera le chiffre moyen 2. En admettant, comme plus haut, que $g = 10$, on arrive alors aux résultats suivants :

$$v_1 = 5,16393 \sqrt{d}$$

$$N = \frac{1,93648}{\sqrt{d}}$$

Pour les corps de très faible diamètre d, la valeur de N est très grande ; il en est donc de même à plus forte raison de e^N qui entre dans les deux formules (A) et (B) précédentes.

Donc, dans (A) la fraction $\frac{e^{Nt} - 1}{e^{Nt} + 1}$ qui peut s'écrire $\frac{1 - \frac{1}{e^{Nt}}}{1 + \frac{1}{e^{Nt}}}$ tend rapidement vers 1 lorsque N tend vers ∞ ; donc v tend vers v_1 et on a à la limite $v = v_1$.

Pour la formule (B), le terme transcendant devient absolument négligeable pour les mêmes motifs.

Néanmoins, comme tout ce qui précède est vrai pour des valeurs de d aussi grandes qu'on voudra, M. Vauthier examine ce que deviennent les termes transcendants des formules (A) et (B) pour des sphères ayant respectivement pour diamètres :

$d = 0^m,0001$ soit $1/10^e$ de millimètre.
$d = 0^m,0100$ soit 10 millimètres.
$d = 1^m,0000$ soit 1000 —

On trouve aisément que, dans les deux premiers cas, les termes en question diffèrent assez peu, l'un de l'unité, l'autre de 0, de sorte qu'il n'y a pas lieu d'en tenir compte.

Mais il n'en est plus de même dans le dernier qui donne :

$$v_1 = 5,16397$$
$$N = 1,9365$$
$$e^N = 6,9344 \text{ ou } 7 \text{ environ,}$$

de sorte que l'on a, en supposant $t = 1$:

$$\frac{e^N - 1}{e^N + 1} = \frac{3}{4},$$

et

$$\frac{2}{N} l. \left(1 + \frac{1}{e^N}\right) = 0,1931.$$

Donc, pour un bloc de 1 mètre de diamètre, la vitesse à la fin de la pre-

mière seconde de chute, n'est encore que les trois quarts de la vitesse limite et, dans la mesure de l'espace parcouru, le terme transcendant n'est plus négligeable.

Si l'on fait $t = 2$, on a :

$$\frac{e^{2N} - 1}{e^{2N} + 1} = 0{,}96,$$

et

$$\frac{2}{N} l.\left(1 + \frac{1}{e^{2N}}\right) = 0{,}0008561.$$

On voit donc que, même pour de très grands blocs, la vitesse converge avec une grande rapidité vers la vitesse limite ; en même temps, l'influence du terme transcendant sur l'espace parcouru tend rapidement à s'annuler.

Pour bien mettre en évidence quelle est pratiquement la période de temps pendant laquelle il peut y avoir lieu de s'inquiéter de l'accélération de la vitesse et de l'espace parcouru, on développe v en série. En effectuant simplement la division indiquée, il vient :

$$v = v_1 \left[1 - \frac{2}{e^{Nt}} + \frac{2}{e^{2Nt}} - \frac{2}{e^{3Nt}} + \text{etc.}\right]$$

Or, sauf pour de très gros blocs, e^{Nt} est tellement grand qu'on peut se contenter du premier terme. Si l'on veut savoir à quel moment la vitesse différera de la vitesse limite d'une quantité donnée 0,001, par exemple, on n'aura qu'à poser

$$\frac{2}{e^{Nt}} = \frac{1}{1000}$$

$$e^{Nt} = 2000$$

$$N\, t \log. e = \log. 2000$$

$$t = \frac{\log. 2000}{N \log. e} = \frac{3{,}3010300}{N \log. e};$$

ce qui, appliqué aux trois dimensions considérées plus haut, donne :

pour $d = 0{,}0001$	$t = 0'',0393$
$d = 0{,}01$	$t = 0'',3925$
$d = 1{,}00$	$t = 3'',9251.$

En calculant les espaces correspondants, on voit que les blocs de grosses dimensions seuls peuvent exiger l'étude spéciale de la période de vitesse accélérée ; pour les vases, sables, graviers, etc., ce serait un pur exercice d'analyse.

Cela posé, M. Vauthier a dressé un tableau concernant treize blocs sphériques dont les diamètres varient depuis $0^m,0001$ jusqu'à 1 mètre, avec les valeurs de K et de D admises plus haut. Ce tableau donne pour chaque

cas, le temps au delà duquel la vitesse réelle diffère de la vitesse limite de moins de 1/1000 et les espaces parcourus dans les quatre premières secondes de la chute.

On voit à l'inspection de ce tableau que, pour les neuf premiers de ces corps jusqu'au diamètre de 0m,05, il est inutile de pousser le calcul au delà de la deuxième seconde et ce n'est que pour les quatre derniers qu'il y a quelque intérêt à pousser jusqu'à la quatrième seconde : c'est pour le dernier seulement que l'espace parcouru dans la troisième diffère sensiblement de v_1 et encore l'écart est-il très faible.

Le point saillant qui se dégage de tout cela, c'est la rapidité avec laquelle la vitesse de chute se rapproche d'une vitesse limite qui, théoriquement, n'est jamais atteinte.

Cela se comprend facilement lorsqu'on observe que cette vitesse limite est notablement plus faible que celle qui résulterait de la force accélératrice qui entraîne les corps au départ, avant que soit née, sous l'influence du mouvement lui-même, la résistance de l'eau qui les ralentit.

Cette force qui est égale au poids du corps diminué de la poussée du liquide s'obtient au moyen de l'égalité.

$$D \times g - 1 \times g = D\,g'$$
$$g\,(D - 1) = D\,g'$$
$$g' = \frac{D - 1}{D}\,g.$$

On voit ainsi que, dans le vide, ces petits corps devraient parcourir 2m,50 sous l'action de cette force tandis qu'en réalité ils ne parcourent que quelques décimètres ou même quelques centimètres seulement.

Même pour les corps très volumineux, les vitesses s'écartent très rapidement de ce qu'elles seraient sous l'action de g' ; le tableau précité le montre pour la sphère de 1 mètre de diamètre. A la fin des quatre premières secondes, les vitesses réelles sont, avec les vitesses résultant de la relation $u = g'\,t$, dans les rapports exprimés par les fractions suivantes :

A la fin de la	première	seconde 0,77
—	deuxième	— 0,50
—	troisième	— 0,34
—	quatrième	— 0,26

La vitesse limite, dont la valeur numérique joue un rôle si important dans ce qui précède, pourrait d'ailleurs être obtenue immédiatement en exprimant qu'au moment de l'équilibre il y a égalité entre le poids du corps diminué de la poussée et la résistance du liquide au mouvement descendant :

$$\frac{\pi d^3}{6}(D - 1) = \frac{\pi d^2}{4} . K . \frac{v_1^2}{2g},$$

d'où

$$v_1 = 2\sqrt{\frac{g\,d\,(D - 1)}{3\,K}}$$

Le seul point utile à savoir que met en lumière l'analyse, c'est la rapidité avec laquelle le corps tombant tend vers cet état asymptotique d'équilibre qui, dans la plupart des cas, est le seul qu'il y ait lieu de considérer.

Cela posé, un corps abandonné dans un courant de vitesse u est sollicité à prendre cette vitesse u en même temps qu'à tomber verticalement sous l'influence v' d'une vitesse qui, sauf pour les blocs très gros, est rapidement v_1; il suivra donc, en réalité, au bout d'un temps très court, une direction dont le coefficient angulaire est $\frac{v_1}{u}$. Si le corps est abandonné à une hauteur h au-dessus du fond, il gagnera ce fond en un temps représenté à très peu près par $t = \frac{h}{v_1}$ et à une distance du point de départ qui se rapproche beaucoup de $d = h\frac{u}{v_1}$.

L'angle de la trajectoire avec l'horizontale est d'autant plus faible que v_1 est petit par rapport à u; mais, néanmoins, cet angle est sensible pour les corps les plus ténus.

Ainsi, supposons $u = 1^m,00$, $h = 1^m,00$; un corps de $0^m,0001$ de diamètre (vase) gagnera le fond en $19'',38$ à une distance du point de départ égale à $19^m,38$. Si le grain a $0^m,001$ (sable), les chiffres précédents deviennent $6'',12$ et $6^m,12$. Enfin, pour un grain de $0^m,01$ (gravier), $1'',94$ et $1^m,94$. Ces chiffres approximatifs suffisent pour exprimer nettement la physionomie des effets produits.

En réalité, en pratique, la trajectoire ne sera pas une ligne droite, mais une courbe à point d'inflexion à cause des variations de vitesses des différents filets d'eau dans une même verticale.

Or, dit M. Vauthier, si un corps tombe dans l'eau avec une vitesse v_1, il sera retenu en équilibre par un courant vertical ascendant de même vitesse. Mais, dans un cours d'eau naturel, il se produit, au contact des parois, et à une distance plus ou moins grande, suivant les aspérités de celles-ci et la vitesse de l'eau, des courants partiels qui s'écartent plus ou moins du parallélisme avec la surface du courant.

Supposons un des corps considérés précédemment placé dans un de ces courants dirigés vers le haut. Si la composante verticale de la vitesse de ce courant est égale ou supérieure à la vitesse limite v_1, correspondant à ce corps, il y restera suspendu au même niveau ou remontera avec lui, tout en s'abaissant relativement de v_1 à chaque seconde. Et si la vitesse du courant partiel qui entraîne le corps s'affaiblit, il regagnera de nouveau dans un délai plus ou moins court, le fond d'où il avait été enlevé.

Cette observation semble suffire pour se rendre compte de l'action de l'eau courante sur les éléments qui composent les parois de son lit; et les chiffres donnés dans le tableau annexé montrent combien cette action est variable suivant la grosseur de ces éléments.

M. Vauthier a pu comparer les résultats de ses calculs avec différentes

tables (Gneiss, tables anglaises, etc.), donnant les vitesses de fond correspondant à l'entraînement des particules des parois du lit des cours d'eau, et il a constaté que les résultats de l'expérience confirmaient d'assez près ceux de l'analyse. La loi de progression de la vitesse avec la grosseur y est surtout nettement retrouvée.

Ce n'est pas qu'il y ait similitude complète entre le fait d'entraînement de corps donnés parallèlement ou en contact avec les parois du lit sur lequel ils reposent et la suspension momentanée dans un courant tel qu'elle a été considérée. Mais il n'a pas paru à M. Vauthier qu'il y ait lieu de poser et d'essayer de résoudre théoriquement le premier problème, eu égard aux effets de la cohésion, ou de l'enchevêtrement des éléments qui exercent, dans ce cas, sur les effets produits, une action plus importante que celle qui résulte de leur poids ou de leur forme

En somme, les considérations précédentes suffisent pour rendre compte des effets de transports d'éléments plus ou moins volumineux effectués par les eaux courantes, normalement ou accidentellement animés de vitesses considérables, sans qu'il y ait lieu de faire intervenir dans la question une *puissance de suspension* spéciale dont l'eau serait douée ainsi qu'on l'a quelquefois supposé.

Après avoir appuyé ses théories d'exemples puisés dans les matériaux charriés par la Garonne, la Loire et les égouts de Paris, M. Vauthier tire les conclusions suivantes :

1° L'eau ne jouit pas d'une propriété spéciale en vertu de laquelle elle tiendrait en suspension des matières quelque ténues qu'elles soient, d'une densité supérieure à la sienne ;

2° Ces matières tendent toujours à gagner le fond avec une vitesse qui dépend de leur densité et qui est inverse de la racine carrée de leurs dimensions transversales ;

3° Eu égard à la grandeur desdites vitesses, pour des matières d'une densité semblable à celles qui forment les parois des lits des cours d'eau, les effets de déplacement et de transport observés dans les fleuves et rivières s'expliquent très bien par le fait seul des courants permanents ou accidentels qui agissent sur le fond ;

4° Dans l'appréciation de ces effets, il faut tenir compte, dans une mesure large, du degré de ténuité des matières à entraîner, et ce qui est vrai pour des matières extrêmement divisées comme celles qui troublent par exemple la Garonne à la hauteur de Bordeaux et tous les cours d'eau petits ou grands pendant leurs crues, est absolument faux pour des matières de tenuité moindre.

Enfin M. Vauthier termine en signalant l'utilité qu'il y aurait à reprendre de nos jours et avec les appareils perfectionnés que nous possédons actuellement, les expériences de Newton et de Dubuat qui sont nos seules bases pour l'étude de toutes les questions de ce genre.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Auguste Moreau de son analyse très exacte qui sera insérée au procès-verbal, puisque l'étude de M. Vauthier a déjà

paru dans le volume qui rend compte du congrès tenu à Blois, en 1884, par l'Association française pour l'avancement des sciences.

L'ordre du jour appelle la communication de M. A. Potel sur *les intérêts français, au point de vue industriel et commercial, dans les pays de la Plata.*

M. LE PRÉSIDENT présente à l'assemblée M. A. Potel qui n'est pas membre de la Société, et dont il se fait aujourd'hui le parrain. M. A. Potel veut bien nous apporter un résumé des observations très intéressantes qu'il a pu recueillir pendant ses voyages dans les pays de la Plata où tant de sympathies nous sont acquises. Nous croyons qu'il n'est pas inutile pour nous d'être renseignés sur l'industrie et le commerce de ces contrées lointaines où nos compatriotes luttent contre la concurrence étrangère.

M. A. Potel a la parole.

M. POTEL prend la parole en ces termes :

La crise industrielle et commerciale que la vieille Europe traverse en ce moment, a provoqué de toutes parts un mouvement d'étude des meilleurs moyens à employer pour amener un développement plus grand des échanges avec les pays non producteurs.

Les avis se sont partagés. Pour les uns, la conquête ou l'achat de colonies nouvelles est indispensable pour atteindre le but proposé; pour d'autres, et je n'hésite pas à me ranger parmi ceux-là, la solution immédiate pourrait se trouver dans une meilleure organisation de nos forces commerciales, en nous contentant de mieux exploiter les pays déjà vieux comme civilisation, c'est-à-dire riches, ayant des besoins; les pays où les mœurs sont sensiblement semblables aux nôtres, mais qui ne sont pas encore devenus producteurs. Pour spécifier, nous citerons le Transwall, l'Australie et spécialement les États compris dans la vaste péninsule hispano-américaine, États latins comme nous, et que la race anglo-saxonne n'a pas encore accaparés.

Parmi ces États, nous nous occuperons tout spécialement aujourd'hui, de deux républiques, la République argentine et celle de l'Uruguay, que je viens de visiter.

Ce fut Jean Diaz de Solis qui découvrit le Rio de la Plata, en 1516. Parti du port de Lepe le 8 octobre, il relâcha aux Canaries, puis, poursuivant sa route, reconnut la magnifique baie où se bâtit plus tard la ville de Rio-de-Janeiro; enfin, continuant à longer les côtes, il arriva dans un vaste estuaire qu'il prit d'abord pour une mer intérieure et, à cause du peu de salure de ses eaux, il la dénomma *Mar dulce.*

Onze années plus tard, *Sébastien Cabot* s'embarquait à Cadix et venait visiter à son tour ces mêmes parages. La légende raconte qu'en arrivant, sachant déjà avoir devant lui un fleuve et non une mer, il jeta par-dessus son bord une pièce de monnaie et dénomma ainsi la Mar dulce de Solis, LE RIO DE LA PLATA ou *Rivière de l'argent.*

La république orientale de l'Uruguay, qui s'est fondée sur la rive gauche

du Rio de la Plata, république dont nous voulons plus spécialement nous occuper, est située entre le 30°5′ et le 35° de latitude sud et les 56°15′ et 60°45′ de longitude ouest du méridien de Paris.

Presque tout son territoire est entouré d'eau; on peut le considérer comme une vaste péninsule réunie à l'extrémité méridionale de l'empire du Brésil.

(*M. Potel accompagne ses explications de nombreuses projections sur le tableau*, exécutées par M. Molteni.)

Ainsi que l'a constaté le général Uruguayen Reyes en 1856, la ligne de démarcation de cet État est restée la même que celle du temps de la domination espagnole. Cette ligne a environ 450 milles géographiques d'étendue; elle passe par les crêtes des monts Aedo et Santa-Anna, jusqu'à la rencontre à l'ouest, des sources de la rivière Couarim, qui débouche dans l'Uruguay, et, à l'ouest, de celles du Yaguaron qui débouche dans le lac Mérim.

Son périmètre ressemble à un polygone de plusieurs côtés; il est bordé à l'ouest par le Yaguaron, au sud par le Rio de la Plata, au sud-est par l'océan Atlantique, à l'est et au nord-ouest par le lac Mérim et des rivières secondaires.

Le général Reyes a calculé que la superficie de cette République est de 186 920 kilomètres carrés, soit un peu plus du tiers de la France, deux fois la superficie du Portugal.

Son sol est alternativement composé de monticules et de vallées. Il est arrosé par une multitude de rivières et de cours d'eau, presque tous assez abondants. Il est d'une fertilité remarquable et produit tous les fruits et les légumes d'Europe. On voit dans les jardins qui entourent Montevideo, capitale de la République, les pommiers à côté des orangers, les cerisiers et la vigne à côté des figuiers de Barbarie, c'est-à-dire les fruits des tropiques à côté des fruits de nos climats tempérés.

Les fleurs sont magnifiques et en telle abondance, qu'elles servent à orner les plus pauvres demeures.

La vie matérielle, en ces pays, est à très bon compte. La viande vaut 30 à 40 centimes le kilogramme, le vin 80 centimes le litre, le pain et les légumes le même prix qu'en France, un beau poisson coûte quelques sous, les loyers seuls sont d'un prix aussi élevé qu'à Paris.

Dans la campagne, vingt-cinq livres de viande de bœuf se vendent ordinairement 4 francs.

Notre but étant de nous occuper ici tout spécialement de commerce et d'industrie, nous ne dirons pas comment se sont formées les populations qui habitent ces pays, nous nous contenterons simplement de constater comment elles sont composées à l'heure présente.

	RÉPUBLIQUES		ENSEMBLE
	ORIENTALE[1] de l'Uruguay.	ARGENTINE[2]	
Italiens	36.303	123.641	159.944
Espagnols	39.780	59.022	98.802
Français	**14.375**	**55.432**	**69.807**
Brésiliens	20.178	»	20.178
Argentins	15.546	»	15.546
Anglais	2.772	17.950	20.722
Allemands	2.154	8.616	10.741
Autres nationalités	9.143	99.084	108.227
Total	140.222	363.745	
Nationaux	298.023	2.578.255	2.876.278
Ensemble	438.245	2.942.000	
TOTAL GÉNÉRAL			3.380.245

Nous venons de donner le chiffre de la population, nous allons donner maintenant le chiffre de la fortune foncière dans ces pays, par nationalité[3].

	RÉPUBLIQUES		ENSEMBLE
	ORIENTALE de l'Uruguay	ARGENTINE	
	francs	francs	francs
Italiens	123.156.973	165.159.115	288.316.088
Espagnols	139.203.576	45.774.265	284.977.841
Français	**72.271.197**	**53.519.700**	**125.790.897**
Anglais	43.023.160	32.318.795	75.341.955
Allemands	16.860.868	16.180.725	33.041.593
Autres nationalités	237.516.196	88.197.660	325.713.856
TOTAL	632.031.970	401.150.260	
Nationaux	476.564.952	552.226.990	1.028.791.942
ENSEMBLE	1 108.596.922	953.377.250	
TOTAL GÉNÉRAL			2.061.974.172

Le climat de la Plata est généralement sain et tempéré; cependant, dans les villes du littoral, il est sujet, vers certaines époques de l'année, à des variations brusques de température, comme du reste dans les villes du

1. Recensement de 1879.
2. — de 1881.
3. Tous les chiffres que nous citons sont extraits des documents officiels relevés dans les pays que nous avons visités.

midi de l'Europe avoisinant la mer. Dans les mois les plus chauds, c'est-à-dire en décembre et janvier, correspondant pour notre hémisphère aux mois de juillet et d'août, la température maxima dans l'Uruguay est de 31° centigrades, et dans les mois les plus froids, c'est-à-dire juillet et août, le thermomètre descend rarement à 0°.

L'émigration européenne pour les pays de la Plata est considérable. Elle provient surtout de l'Italie et de l'Espagne. Pour la France, la majorité des émigrants est de provenance basque, mais leur nombre est bien moins considérable que celui des Italiens, pour la plupart Napolitains, Milanais ou Génois. Il est du reste facile de se rendre compte de la proportion des émigrants en consultant le tableau de la population, que nous avons donné plus haut.

En 1878 et 1879, dates de la dernière statistique officielle, publiée en 1882, pour l'Uruguay, nous avons pu constater qu'il était

entré.	20 224 personnes
et sorti.	12 989 —
D'où une différence à l'entrée de	7 235 personnes.

Sur ce nombre 3 881 immigrants s'étaient présentés à la commission locale d'immigration, commission qui ne fait aucune propagande en Europe. Elle en avait placé 3 033.

Malheureusement, dans le nombre des personnes qui vont chercher l'aisance dans les pays de la Plata, la plupart n'ont aucun état manuel, de sorte que les hommes de peine et les domestiques sont en grand nombre et les gens de métiers font défaut, ce qui est très regrettable.

Nous croyons que c'est la place, ici, de donner le montant des salaires ordinairement payés dans ces pays.

Un ménage de laboureur gagne par mois, avec nourriture et logement.		fr.	125 à 170
Un laboureur seul, avec nourriture et logement.			70 à 100
Les journaliers pour chemins de fer			80 à 100
ou de 0 fr. 80 à 2 francs du mètre cube suivant la nature du terrain, toujours avec nourriture et logement.			
Jardiniers (logement et nourriture, au mois).			90 à 110
Cuisinières	— —		80 à 100
Servantes	— —		70 à 80
Perruquiers	— —		100 à 120
Mécaniciens	— —		300 à 350
Relieurs	— —		100 à 150
Tailleurs	— à la journée.		7 à 10
Charpentiers	— —		5 à 10
Cordonniers	— —		5 à 10
Forgerons	— —		7 à 10
Ferblantiers	— —		6 à 10
Maçons	— —		7 à 10
Selliers	— —		6 à 10

Si des travailleurs n'ayant que leurs bras comme avoir, nous passons à ceux qui, munis de quelques capitaux, voudraient aller tenter fortune dans ces pays d'outre-mer, nous leur conseillons de se grouper ; car là, comme en Europe, il faut de l'argent pour organiser un établissement quel qu'il soit.

Jusqu'à présent, il n'y a à peu près que l'élevage des bestiaux qui soit régulièrement exploité, mais il faut d'assez gros capitaux pour le tenter. Voici, quelques chiffres de rendement que nous a donnés un de nos bons amis, établi *estanciero* dans la Plata, depuis une dizaine d'années.

Nous prenons comme exemple une ferme ou *estancia* de 8 suertes ou environ 6 lieues carrées qui servirait exclusivement à l'engraissement et à l'élevage. Il est possible de mettre sur cet espace environ 12 000 animaux.

Première année :

Achat de 12000 veaux mâles à 3 piastres, soit 15 fr.	180 000 francs.
1 année d'intérêt à 12 pour 100[1].	21 600 —
Location du terrain et frais par animal 5 fr. .	60 000 —
Ensemble.	261 600 francs.
Deuxième année, animaux de trois ans :	
Intérêt à 12 pour 100, soit.	31 392 francs.
Location et frais.	60 000 —
Ensemble.. . . .	352 992 francs.
Troisième année, animaux de quatre ans :	
Intérêt.	32 359 francs.
Location et frais, 6 francs par animal..	72 000 —
Ensemble.	467 351 francs.
Mortalité générale évaluée 15 p. 100, moyenne prise sur la deuxième année.	52 949 francs.
	520 300 francs.

soit $\frac{520\,300}{12\,000} = 43$ fr. 35.

Or le prix de vente des bœufs de quatre ans a été

en	1881 de	82,50
en	1882 de	87,00
en	1883 de	75,00
		244,50

La moyenne est donc de $\frac{244,50}{3} = 81$ fr. 50

soit pour 10 200 bœufs, mortalité déduite, à 81 fr. 50. 831 300 francs.

Bénéfice réalisé. . . . . 311 000 francs

en trois années ou plus de 100 000 francs par an, en dehors des 12 pour 100 d'intérêt annuel du capital employé.

1. 12 pour 100 est le taux ordinaire de l'argent dans la Plata.

Voilà pour les gros capitaux; pour les capitaux plus restreints, voici ce que peut donner l'élevage du mouton, plus spécialement tenté dans la République argentine. Je cite ici M. Daireaux, qui a étudié cette importante question pendant un séjour de douze années dans la Plata.

« L'*estancia* consacrée à l'élevage du mouton est généralement composée de terrains restreints; cependant il y a de riches propriétaires qui occupent cinq, six et même dix lieues. Pour un troupeau de 2 000 têtes, 200 hectares, 250 au maximum, suffisent; la terre se divise en conséquence, et, sur une lieue de pâturages passables, on peut placer de dix à douze troupeaux de cette importance. On trouve facilement des terrains à louer, bien qu'ils soient chaque jour plus recherchés.

« Le système pratiqué est celui de l'association : le propriétaire ou locataire du terrain fournit un *rancho* : 1 000 brebis, 200 hectares, à un métayer qui, fournissant également 1 000 brebis et entrant pour moitié dans les frais d'installation, aura la garde du troupeau. Tous les produits se diviseront par moitié; le métayer cependant a le droit de nourrir sa famille en tuant les animaux nécessaires à sa consommation; il doit compte, bien entendu, de chaque peau provenant de ces abatages quotidiens; d'octobre à décembre a lieu la tonte; en mai, avant la mise bas d'automne, qui commence à cette époque et qui est la plus productive, on peut vendre les animaux gras ou vieux et faire place ainsi aux agneaux.

« Le produit de ce genre d'industrie est vraiment prodigieux. Nous avons pris au hasard le compte de rendement d'un troupeau de 2 040 moutons élevés par un métayer soigneux, associé par moitié. Il fut payé, en avril, 5 francs par tête, soit 10 200 francs; en décembre, le produit net en laine fut de 2 200 francs; les peaux provenant de la consommation du métayer et de quelques animaux morts donnèrent 420 francs; en avril suivant, on put extraire du troupeau 800 animaux choisis que l'on vendit 9 francs pièce, soit 7 200 francs, et le troupeau, augmenté déjà des mises bas d'avril, resta encore de 1 900 têtes à la veille de la mise bas d'automne, qui devait donner au moins 500 agneaux, soit un revenu de près de 100 pour 100 en une seule année, pour un troupeau très ordinaire. Certes, il y a des métayers peu soigneux et des propriétaires négligents qui détruisent ou laissent perdre leur troupeau peu à peu, et, au bout de quelques années, sont plus pauvres qu'au début; mais l'homme travailleur et sobre ne trouvera nulle part un emploi plus avantageux d'un petit capital. Ce premier capital, l'immigrant qui fera preuve de qualités sérieuses ne manquera pas de propriétaires qui le lui prêteront, trop heureux de s'attacher un homme capable de faire prospérer leurs intérêts en même temps que les siens propres; mais il ne faut pas croire que cette vie soit des plus douces; le seul charme, pour celui qui aime le *farniente* le plus invariable, c'est l'oisiveté absolue. »

L'année dernière, on a abattu dans la Plata 1 057 000 bêtes à cornes et recueilli 57 millions de kilogrammes de laine. Il en est ainsi depuis plusieurs années.

A côté de l'élevage, de nombreuses industries pourraient être installées

dans la Plata; elles offriraient de grands avantages à ceux qui se livreraient à leur exploitation. Nous voulons parler entre autres de distilleries, de tanneries et surtout d'entreprises de travaux publics.

Lors de la conquête par les Espagnols, de nombreuses tribus indiennes habitaient les plaines de la Plata.

Dans la République argentine, elles ont été continuellement poursuivies et refoulées plus avant, vers la Patagonie. Le même sort leur est réservé qu'aux tribus du Far-West de l'Amérique du Nord. Toutes celles qui veulent garder leur indépendance, qui ne veulent pas se fondre avec l'élément blanc, sont fatalement destinées à disparaître par extermination.

L'historique de ces peuples peu connus, nous entraînerait trop loin pour que nous puissions le faire dans ce court opuscule. Disons seulement que la dernière tribu qui fut détruite dans l'Uruguay fut celle des *Charruas*. C'est en 1831, près Maldonado, qu'ils furent vaincus. Depuis trois siècles, ils luttaient contre les Espagnols, avec une intrépidité et une ténacité véritablement extraordinaires.

En 1800, un historien espagnol Araza, écrivait :

« Peut-être les Charruas ont-ils coûté plus de sang à l'Espagnol que les nombreuses armées de l'Inca et de Montezuma, et cependant leur nombre ne s'élève pas au chiffre insignifiant de quatre cents; on a essayé contre eux, toujours en vain, de petites et de grandes expéditions; sobres, agiles et forts, plus grands en moyenne que les Européens, tous coulés dans le même moule, au visage énergique et bronzé, encadré de cheveux longs et touffus, ils ont l'œil perçant, l'ouïe extraordinairement fine, les dents blanches, la main et le pied petits. »

Les cinq ou six Charruas qui survécurent au combat, furent faits prisonniers et confiés à Montevideo à un directeur de cirque français, qui les amena à Paris, où le dernier d'entre eux finit misérablement dans un hôpital.

Aujourd'hui l'homme qui a remplacé l'Indien dans la prairie, qui prend soin de la propriété et se livre aux rudes travaux des champs, s'appelle le Gaucho. Descendant des premiers Espagnols qui ont occupé le pays, et des *China* ou filles d'Indiens, il tient des deux races : de l'Espagnol il a la fierté ; de l'Indien, la ruse, la souplesse, l'adresse et le génie d'observation de la nature dans ses lois les plus communes.

C'est l'homme primitif dans toute l'acception du mot. De taille moyenne et bien prise, bronzé par le sang de sa race et par le soleil qui le frappe en pleine face du matin au soir, lorsqu'il traverse sur son cheval l'immense plaine appelée *pampa*, à peine garnie de loin en loin par un *ombou*, il est toujours d'humeur gaie et égale s'il a son morceau de viande fraîche à faire rôtir dans la prairie (*assado*) et son verre d'eau journalier; quant au pain, qu'il en ait peu ou point, cela lui est égal.

Grande et large est son hospitalité. Il reçoit le voyageur comme un frère, ne lui demandant jamais où il va, ni d'où il vient. Il partage avec lui tout ce qu'il possède, sans vouloir accepter le moindre payement, à

moins que ce ne soit à titre de cadeau ou de souvenir et encore faut-il que ce ne soit pas de l'argent.

Pour lui-même, il n'a pas de coquetterie. De larges pantalons appelés *chiripa*, une veste de drap noir, une ceinture dans laquelle est passé son couteau, un *poncho*, ou couverture de laine douce, rayée, percée en son centre d'un trou pour passer la tête et un *sombrero* en feutre, voilà son accoutrement.

Dans la prairie, il est ordinairement chaussé de bandes de cuir souple, attachées à ses pieds et le long de sa jambe jusqu'au genou au moyen de lanières, à la façon indienne ; mais lorsqu'il vient en ville, il met de belles bottes à l'écuyère en cuir verni, et je vous assure qu'avec son costume original, il a alors fort bel air.

S'il n'est pas très coquet pour lui, il n'en est pas de même pour son cheval. Il n'aime pas la selle anglaise de nos pays, il lui préfère son *recado*, qui lui compose un excellent lit lorsqu'il couche dans la plaine. Ses étriers sont souvent en argent massif, d'une forme très haute et toute spéciale ; il en est de même de la garniture du mors et de la bride, de ses éperons, de la poignée et du fourreau de son couteau. Tout l'argent qu'il pourra gagner passe dans ces ornements, à moins qu'il ne boive *la cagne* ou eau-de-vie de canne à sucre à la *pulperia*, et ensuite qu'il ne joue, car le jeu est la passion dominante chez lui. Les cartes et les dés l'attirent, et ce vice est tellement enraciné chez le *gaucho* que, s'il devient soldat, bien qu'il lui soit interdit sous les peines corporelles les plus graves d'avoir des cartes ou des dés, il invente mille combinaisons pour satisfaire sa passion. Une, entre autres, m'a paru singulièrement originale. Deux petits tas de sucre à peu près égaux étant formés, et deux mouches étant attrapées, les deux joueurs tirent au sort le tas sur lequel chacun d'eux place sa mouche. Celle des deux qui a le plus tôt fini son tas de sucre, fait gagner le propriétaire du tas.

Dans la campagne, lorsque le *gaucho* a tout perdu et qu'il soupçonne son adversaire d'avoir triché, ce qui arrive souvent, le drame succède au jeu : les couteaux sont tirés et presque toujours un homme reste sur le carreau le ventre ouvert. Comme la justice est loin, le plus ordinairement le dénouement de ces scènes tragiques reste ignoré.

Jamais le *gaucho* ne vous volera de l'argent, — je parle ici du travailleur et non du bandit qui parcourt les plaines, celui-ci n'étant plus heureusement qu'une exception. Mais s'il peut vous prendre un morceau de cuir capable de servir à l'ornement de sa selle ou de sa bride, il le fera sans vergogne ne considérant pas cela comme un larcin.

L'élevage du bétail étant, comme nous l'avons dit, la seule industrie véritablement grandement établie, c'est au *gaucho* que les soins tout primitifs qu'elle nécessite sont dévolus. Ces soins portent sur trois points.

Lorsque les jeunes taureaux ont six mois, on les marque : quand ils ont deux ans, on les castre, et, à quatre ans, on les vend, pour être tués et salés, puis expédiés au Brésil et à la Havane, où ils forment la meilleure

partie de la nourriture des noirs et le mets national, composé de cette viande cuite avec des haricots rouges, que les Brésiliens appellent *Fejoade*.

Nous avons démontré plus haut, ce que peut rapporter l'élevage du bœuf et du mouton, nous allons maintenant parler de l'industrie du tueur, c'est-à-dire du *saladerista*.

Il existe dans les deux républiques dont nous nous occupons 28 155 249 bêtes à cornes et 68 063 619 moutons.

L'histoire de la création de cet immense troupeau est réellement très curieuse. En 1553, c'est-à-dire cinquante ans après les premières descentes des Espagnols sur les rives du Rio de la Plata, les frères Goës, deux Portugais dont l'histoire a conservé les noms, amenèrent de Sainte-Catherine sur la côte du Brésil, par la route de terre, jusqu'à l'Assomption du Paraguay, huit vaches et un taureau, source de tout ce bétail. Pour récompense de ce voyage, qui dura six mois, ils reçurent une vache.

Pendant de longues années, le gouvernement espagnol se refusa à laisser faire aucune espèce d'exploitation, de sorte que ce bétail se reproduisit en liberté d'une façon prodigieuse. Les propriétaires ne connaissaient pas le chiffre de leurs troupeaux, ce qui permettait aux voleurs indiens et à ceux venus, du côté du Brésil, d'exercer en paix leur coupable industrie.

Enfin, en 1794, cinq matelots irlandais venus sur la côte de Patagonie pour la pêche de la baleine, se trouvant échoués et recueillis à Buenos-Ayres, eurent l'idée d'appliquer à la conservation de la viande les procédés de salaison et de séchage employés à celle du poisson ; c'était fort simple, mais l'ignorance des colons était telle, ils avaient eu jusque-là si peu d'intérêt à s'occuper de ces questions, que la révélation de ces cinq matelots fut accueillie comme une découverte des plus merveilleuses.

On fit des essais qui réussirent parfaitement : des échantillons expédiés par des navires en partance firent le tour du monde sans s'altérer ; en un mot, le résultat fut du premier coup si satisfaisant, qu'après quatre-vingts ans aucune modification n'y a été apportée.

De ce jour, l'industrie si importante des *saladeros* était créée. Cependant il ne fallait pas songer à fabriquer du jour au lendemain des quantités considérables de viande salée. Ce qui faisait défaut, c'étaient non seulement les hommes entendus et pratiques dans ce travail nouveau. Mais encore le sel, les tonneaux, et, ce qui était plus grave, les capitaux. Il fallut, comme toujours, que les *hacendados* s'adressassent au roi, lui demandant de favoriser la création de cette industrie, d'autoriser la venue de cent ouvriers irlandais catholiques qui pussent enseigner aux nègres ce travail nouveau ; on demandait aussi la fondation d'une compagnie qui pût acheter et centraliser tous les produits que l'on préparerait dans les *estancias* pour les exporter dans les autres colonies et le continent européen.

Ces pétitions restèrent sans réponse, et les colons durent se contenter d'employer le nouveau système de salaison, chacun séparément, suivant le nombre de ses troupeaux et des esclaves dont il disposait, mais sans que l'on pût songer à établir des saladeros. Ce ne fut que de longues années après

que quelques-uns furent créés à Buenos-Ayres, assez peu importants du reste au début pour qu'ils n'aient pas laissé trace dans les documents publics.

En 1822 seulement, l'existence en est constatée par un règlement qui les atteint. Ils s'étaient groupés autour de Buenos-Ayres et devenaient assez gênants pour la ville, qui s'agrandissait et les englobait, pour qu'une ordonnance leur enjoignit de s'éloigner à une demi-lieue au moins du palais municipal, le *Cabildo*. Enfin le traité de 1825 avec l'Angleterre, en autorisant celle-ci à faire le commerce, leur donna une impulsion rapide, décida par cela même la fortune des *hacendados*, quintupla la valeur des troupeaux et contribua à la création d'une aristocratie de propriétaires qui vint prendre la place des riches négociants espagnols expulsés en 1810. A la même époque, un *estanciero* platéen, voyageant en Europe, envoyait à Buenos-Ayres pour y perfectionner la fusion des graisses, un chimiste français, M. Antoine Cambacérès, neveu du prince de l'empire, qui devait consacrer sa vie au progrès de cette industrie, et qui créa, au bout de quelques années de séjour, un établissement modèle, aujourd'hui encore exploité par son fils.

Aujourd'hui, plus de vingt saladeros fonctionnent dans les deux républiques et on y abat annuellement 1 200 000 têtes de bétail. L'industrie de l'élevage du mouton est également très prospère. L'année dernière elle a donné comme rendement près de 60 millions de kilogrammes de laine, vendus 119 millions de francs.

On compte que le bénéfice du *saladerista* est d'environ une piastre, soit un peu plus de cinq francs par tête d'animal abattu.

Nous avons dit que la population totale des deux républiques était de 3380 245 individus, et que la fortune foncière s'élevait à plus de 2 milliards; nous allons maintenant indiquer le chiffre général du commerce de ces contrées, en chiffres ronds, pour les années 1882 et 1883.

	1882	1883
République de l'Uruguay	211	237
— argentine.	618	700
Soit ensemble.	821 et	937

millions de francs.

Dans ces chiffres, la France est comprise pour 173 millions 1/2 en 1882, et pour 232 millions 1/2 en 1883, se décomposant ainsi pour 1883.

IMPORTATION DANS CES RÉPUBLIQUES.

République de l'Uruguay.	18 mil. 3/4
— argentine.	87 » 1/2
Soit : . . .	106 mil. 1/4

EXPORTATION EN FRANCE.

République de l'Uruguay.	21 mil. 1/4
— argentine.	105 »
Ensemble. . . .	126 mil. 1/4

Eh bien, messieurs, ces chiffres qui semblent magnifiques au premier examen, sont au fond moins brillants que ceux qui se rapportent au commerce de nos voisins. Pendant que nos transactions avec ces pays ont augmenté depuis quatre ans dans la proportion de 50 pour 100, celles des Anglais ont augmenté de 80 pour 100 et celle des Allemands de 400 pour 100.

Je sais bien que si je prends les chiffres relevés dans la statistique du ministère du commerce, les 232 millions 1/2 que je citais tout à l'heure deviendront un peu plus de 348 millions; mais, si je prends ce dernier chiffre, je devrai augmenter dans la même proportion ceux relatifs à nos voisins et le résultat restera le même. La différence sensible, que je signale, entre les chiffres donnés par la statistique locale des douanes et le chiffre du ministère du commerce français, provient du taux élevé des droits d'entrée qui fait qu'on ne déclare presque jamais la valeur réelle des marchandises importées. Voici, du reste, les chiffres donnés par le ministère du commerce, par nature de marchandises, en 1883.

Pour prouver que le chiffre de nos transactions n'augmente pas dans la même proportion que celui de nos voisins, nous allons citer quelques chiffres extraits du dernier rapport de M. G.-B. d'Anglade, gérant du consulat général de France à Montevideo, adressé à M. le ministre du commerce le 16 août de l'année dernière.

« La France, dont les produits industriels étaient autrefois presque sans rivaux, bien qu'elle soit encore aussitôt après l'Angleterre, dont les importations dans l'Uruguay sont les plus considérables, n'augmente pas son commerce avec ce pays-ci dans les mêmes proportions que l'Allemagne et l'Italie, par exemple.

« En 1880, la France avait importé dans l'Uruguay pour 18 204 480 fr.
en 1881, le chiffre diminuait et tombait à . . . . . 15 697 508 —
de même en 1882, à . . . . . 14 183 424 —
et l'augmentation de l'année 1883 (4572169 fr.) ne donne
qu'un chiffre de . . . . . 18 852 793 —
à peine supérieur à celui de l'année 1880.

« Voici, au contraire, quels sont les chiffres des importations de l'Italie dans l'Uruguay :

1878	4.683.652	francs.
1879	5.905.677	—
1880	8.226.252	—
1881	5.573.847	—
1882	6.715.283	—
1883	7.093.623	—

« Les importations de provenance allemande, ont suivi une marche plus rapide encore :

1878.....	4.368.249	francs.
1879.....	5.026.968	—
1880.....	5.957.609	—
1881.....	6.378.183	—
1882.....	7.585.336	—
1883.....	10.961.244	—

Et M. d'Anglade continue ainsi :

« Ce sont là des chiffres éloquents, et il y aurait lieu pour l'industrie et le commerce français de se préoccuper d'un pareil état de choses qui, s'il continuait, pourrait lui devenir fatal sur le marché de la Plata, grand débouché destiné à devenir plus grand encore.

« J'ai interrogé à ce sujet la Chambre consultative du commerce français, qui est certainement compétente, et parmi les raisons nombreuses, mais d'un ordre tout spécial, qui m'ont été fournies, j'ai le devoir d'en signale. une à la bienveillante attention de Votre Excellence.

« Les produits de l'industrie française arrivent tous sur le marché de Montevideo avec des prix trop élevés; certainement il faut mettre en ligne de compte la main-d'œuvre plus chère en France qu'en Allemagne ou en Italie, mais aussi la connaissance plus exacte du marché par le commerce allemand et italien.

« Le public étant habitué ici aux produits français, qu'il payait des prix très élevés, le commerce allemand et italien, qui fabrique tout spécialement en vue de l'exportation, a copié nos modèles en flattant les goûts du pays et est arrivé à produire, aux dépens de la qualité de l'objet, *des meubles par exemple tout couverts d'ornementation dans le goût oriental à un prix bien plus bas que les produits similaires français beaucoup plus simples.*

« D'après l'avis de la Chambre consultative du commerce français, si notre industrie veut pouvoir lutter avec avantage, il est indispensable qu'elle produise en vue de l'exportation sans chercher à imposer son goût pour le simple et le beau. »

Pour compléter et avant d'indiquer aussi exactement que possible les divers articles fournis en plus grande quantité par nos voisins que par nous-mêmes, nous allons faire connaître en chiffres ronds le chiffre du commerce anglais dans la Plata, toujours d'après les douanes locales :

Importations d'Angleterre dans la Plata	545 000 000
Exportations de la Plata en Angleterre . .	5 000 000
Ensemble. . . .	550 000 000

On remarquera évidemment que nos exportations dépassent nos importations de 20 millions, quand, chez les Anglais, c'est le contraire qui existe. C'est que nous sommes, avec les Belges et les Allemands, les grands ache-

teurs de laines de la Plata, tandis que les Anglais approvisionnent leurs usines dans leurs colonies d'Australie, ce qui, pour eux, présente un double bénéfice, trop facilement appréciable, pour qu'il soit nécessaire d'insister sur ce sujet.

Voici maintenant les divers articles sur lesquels nous appelons toute l'attention des industriels de notre pays, articles relevés sur la statistique des douanes locales :

FIL DE FER POUR CLOTURER LES PROPRIÉTÉS

L'Angleterre a fourni l'année dernière	15.400 tonnes
La France.....	5.400 —
La Belgique.....	3.500 —
L'Allemagne.....	2.000 —

FERS-BLANCS.

L'Angleterre.....	868.000 kilog.
La Belgique.....	36.000 —
La France	1.325 —

COLONNES EN FONTE ET POUTRELLES EN FER.

Belgique.....	300.000 francs
Angleterre.....	150.000 —
France.....	200 —

COGNAC.

La France en a fourni pour 4.400.000 francs
L'Allemagne (?) — pour 1.650.000 —

Puisque je suis sur la question des liquides, voici la quantité de vins exportée d'Europe à la Plata:

Espagne, 41 millions et demi de litres représentant 18 millions de francs
France, 31 millions et demi — — 16 — —

toujours, comme argent, d'après l'appréciation donnée par les douanes de La Plata.

CHAUSSURES.

Belgique	870.500 francs
France.....	700.000 —
Angleterre.....	500.000 —

CHEMISES DE TOILE ET DE COTON.

Pour cet article, c'est nous qui tenons la tête.

France	26.000 douzaines
Angleterre.....	18.000 —
Italie.....	5.600 —
Allemagne.....	5.900 —

TOILES D'EMBALLAGE.

Angleterre.....	4.000.000 de kilog.
France.....	31.000 —

TOILES DE COTON.

République argentine [1] :

Angleterre.....	4.700.000 kilog.	+ 6.200.000	mètres
Allemagne.....	285.000 —	+ 1.000.000	—
États-Unis.....	154.000 —	+ 407.000	—
France.....	134.000 —	+ 2.780.000	—

République de l'Uruguay :

Angleterre.....	12.000.000	—
France.....	400.000	—
Allemagne.....	330.000	—
États-Unis.....	280.000	—

TOILES DE FIL.

Angleterre (R. A.).....	660.000	mètres
Belgique.....	650.000	—
France.....	250.000	—
Allemagne.....	170.000	—

TISSUS DE LAINE.

Allemagne.....	650.000	mètres	+ 12.500	kil.
Angleterre.....	400.000	—	+ 20.200	—
France.....	332 000	—	+ 53.000	—
Belgique.....	67.000	—	+	»

BONNETERIE DE TOUTES SORTES.

Allemagne.....	220.000	douzaines
Angleterre.....	210.000	—
France.....	135.000	—

MOUCHOIRS.

Angleterre.....	465.000	douzaines
France.....	28.000	—
Allemagne.....	12.500	—

PAPIERS.

	à écrire	d'imprimerie	d'emballage
Angleterre.....	105.000 kil.	450.000 kil.	182.000 kil.
Italie.....	116.000 —	92.000 —	1.105.000 —
France.....	100.000 —	55.000 —	82.000 —
Espagne.....	95.000 —	»	»
Allemagne.....	75.000 —	478.060 —	20.000 —
Belgique.....	65.000 —	580.000 —	75.000 —

PAPIERS PEINTS.

France.....	70.000 kil.	pour	150.000 francs
Allemagne.....	30.000	—	40.000 —
Angleterre.....	18.000	—	25.000 —

1. Il existe un droit d'entrée différentiel pour tous les articles où nous indiquons séparément les kilogrammes et les mètres.

Machines.

États-Unis	23.000	charrues.
Angleterre	500	—
France	9	—

Machines d'agriculture diverses.

Angleterre	1.150.000	francs.
États-Unis	575.000	—
France	75.000	—

Machines diverses et moteurs a vapeur.

Angleterre	1.575.000	francs.
États-Unis	1.375.000	—
France	420.000	—
Allemagne	300.000	—

Machines a coudre.

Allemagne	7.746	machines pour	825.000	francs.
États-Unis	2.400	— —	250.000	—
Angleterre	1.028	— —	100.000	
France	438	— —	50.000	—

Sucres.

France	10.700	tonnes, représentant	10.200.000	francs.
Allemagne	4.700	— —	4.790.000	—
Belgique	2.300	— —	2.140.000	—
Hollande	1.600	— —	1.500.000	—

Charbon de terre.

Angleterre	200.000	tonnes.
États-Unis	2.900	—
France	néant.	

Le prix de la tonne de charbon à la Plata, est de 50 francs.

Toiles cirées.

Angleterre	70.000	mètres.
Allemagne	11.000	—
France	8.000	—

Toiles a voile.

Angleterre	530.000	kil. +	220.000	mètres.
États-Unis	280.000	— +	50.000	—
France	60.000	— +	843	—

Verres a vitres.

Belgique	450.000	francs.
France	60.000	—
Angleterre	25.000	—

Meubles.

France	670.000	francs.
Allemagne	450.000	—
États-Unis	550.000	—

Bougies, industrie créée en France.

Belgique	365.000	kilog.
Hollande	164.000	—
Allemagne	122.000	—
Angleterre	124.000	—
Italie	27.000	—
France	7.800	—

Ciments.

Angleterre	10.000	tonnes.
France	1.776	—
Belgique	993	—
Allemagne	660	—

Ainsi que le constatent les rapports de nos consuls, et ainsi que j'ai pu le constater par moi-même à la Plata, notre infériorité relative qui, malheureusement va en s'accentuant, tient surtout à l'organisation de notre commerce. Pendant que nos concurrents vont vendre directement leurs produits, s'informant sur place des besoins de leurs acheteurs, nous attendons patiemment, dans nos usines, les ordres que l'on veut bien nous transmettre.

Il nous faut absolument changer cette façon d'opérer, sous peine d'une ruine certaine. Deux moyens se présentent à l'esprit; tous deux sont faciles et pratiques. L'un des deux consiste à former des syndicats d'industries diverses, permettant l'envoi de représentants sur place tout en diminuant les frais pour chacun; l'autre, à créer des musées industriels et commerciaux dans les grands centres que nous voulons exploiter. Mais cela fait, il y aura encore une grande question à résoudre.

On a vu plus haut que la Plata contient 70 000 Français; que leur fortune foncière et commerciale était estimée à plus de 250 000 000 de francs; que nos transactions annuelles avec ces pays se montent à 232 millions. Eh bien, l'énorme mouvement d'argent que supposent de pareils chiffres se fait par les mains des étrangers, car nous n'avons pas de *banque française* dans la Plata!

Montevideo et Buenos-Ayres possèdent huit grandes banques : une est italienne, une espagnole, trois anglaises disposant d'un capital de plus de 50 millions, trois sont locales, et il y a aussi quelques maisons de commerce émettant du papier sur leurs succursales d'Europe. Le bilan d'une de ces banques, la *London and River Plate Bank Co*, arrêté au 30 septembre dernier, accuse les résultats suivants :

« Déduction faite des créances douteuses et des intérêts courants, un bénéfice net de 161 600 £, soit : 4 025 000 francs; de cette somme les directeurs proposent : (A) de payer le 22 décembre un dividende de 4 pour 100 et boni de 3 pour 100, ce qui fait, avec le dividende payé en juin dernier, une distribution de 11 pour 100 pour l'exercice terminé, impôts déduits; (B) en outre, de placer 25,000 £ au capital de réserve, qui s'élèvera

ainsi à 210 000 £, soit, 5 250 000 francs; de sorte qu'il restera encore un solde de 10 600 £ à porter au compte nouveau de profits et pertes.

Nos commerçants et nos industriels sont trop intéressés à ces questions pour que ces r ésultats magnifiques ne les frappent pas. Car ce n'est pas seulement notre argent dont l'étranger profite au moyen de ses banques, mais bien aussi de nos affaires elles-mêmes. Quand un Français va porter son papier à escompter dans une banque anglaise ou allemande, le directeur de celle-ci voit avec qui notre compatriote trafique et il s'empresse d'en faire part à ses compatriotes. Voilà le vrai danger et celui auquel il faut porter un remède immédiat.

Le jour où une banque française sera fondée dans la Plata, il sera facile d'avoir des renseignements certains sur les affaires qui se présenteront et cela dispensera d'utiliser les intermédiaires qui prélèvent sur les produits français des commissions considérables.

Alors l'industrie française pourra lutter avantageusement contre les produits allemands et anglais. Si nos articles sont un peu plus chers que ceux de nos voisins, ils présentent plus de garantie de solidité et d'élégance que les leurs et sont plus appréciés.

En outre, de grands travaux publics restent à faire dans la Plata. Des ponts, des routes sont à créer; et, dans l'Uruguay, une loi spéciale autorise le pouvoir exécutif à traiter avec telle compagnie qui se présentera pour ces constructions, en l'autorisant à accorder un droit de péage qui ne pourra excéder trente années pour payer ces travaux.

Dans ce pays, dont la superficie est égale au tiers de la France, il existe seulement 205 kilomètres de chemin de fer. Citer ce chiffre, c'est dire ce qui peut être fait. Certaines provinces sont complètement dépourvues de routes, et les nombreux troupeaux qu'elles renferment restent sans valeur à cause des difficultés que cet état de choses crée pour leur transport. La banque pourrait et devrait aider les constructeurs et les entrepreneurs qui demanderaient des concessions. Son devoir serait d'informer nos compatriotes des entreprises lucratives qui pourraient être tentées et d'assurer le vaste mouvement qu'elles nécessiteraient avec la France.

Nul doute, que nos compatriotes établis dans la Plata et dont nous disions le chiffre de la fortune tout à l'heure, voyant ce mouvement se dessiner dans la mère patrie, ne concourent à son développement en y apportant leurs capitaux et ne fournissent ainsi à la France un vaste champ d'exploitation pacifique, qui profitera à notre pays dans une large mesure et augmentera le bien-être des populations qui habitent les républiques qui bordent le *Rio de la Plata*. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT demande si quelqu'un a des observations à faire à M. Potel. M. Seyrig a la parole.

M. SEYRIG ne croit pas, le fret étant de 35 francs, qu'on puisse livrer à la Plata le charbon français en concurrence avec le charbon anglais, qui arrive même jusqu'à Paris ? Il ne voit pas comment on pourrait souhaiter voir apparaître le charbon français sur le marché de la Plata. Nous sommes

dans des conditions d'infériorité réelles, quant aux prix de revient et de transport. Il y a intérêt, au contraire, à faire des efforts pour les produits manufacturés, parce que, malgré la concurrence de l'Allemagne et de l'Angleterre, nos articles sont encore préférés sur certains marchés.

M. Potel. Absolument préférés, parce qu'ils sont meilleurs et mieux fabriqués. Malheureusement, nos produits sont copiés par les Allemands, qui les vendent sous une marque française.

M. Simon demande à M. Potel s'il pourrait donner quelques renseignements sur le lavage des laines. Il désirerait savoir si les lavoirs se développent dans la République argentine.

M. Potel. — Pas encore, ils ne se développent pas, parce qu'ils ne savent pas travailler, ils ne font que commencer.

M. Simon. — Ces lavoirs sont-ils dirigés par des Français?

M. Potel répond qu'il y a un Français, à Montevideo, qui s'en occupe; il n'en connaît pas dans la République argentine.

M. le Président remercie vivement M. Potel de sa très intéressante conférence; elle sort un peu de nos études ordinaires, mais il n'est pas mauvais que les ingénieurs civils français voient un peu et sachent ce qui se passe à l'étranger. M. le Président est de l'avis de M. Seyrig, pour la houille : nous n'en avons pas assez nous-mêmes pour aller la vendre à la Plata. Mais au point de vue des objets manufacturés, il en est autrement. L'idée de M. Potel de fonder une banque française pour sauvegarder les capitaux français, est excellente; c'est là le point de départ à créer; mais ceci n'appartient pas aux ingénieurs civils, qui font gagner de l'argent aux autres, et ne sont pas assez riches pour fonder une banque.

M. Potel nous a montré qu'on pouvait gagner sa vie à la Plata : il y aurait là, pour les populations malheureuses de notre pays, un exutoire qui vaudrait mieux que ce qu'on sera forcé de faire pour les récidivistes. Il vaudrait certainement mieux aller là-bas gagner sa vie honnêtement et fructueusement que de croupir dans le vice en France.

MM. Louisse, Thomas et Turpin, ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures.

ANNEXE AU PROCÈS-VERBAL

de la Séance du 17 juillet 1885

NOTES

SUR L'EXPOSITION D'ANVERS

PAR M. J. MORANDIERE.

NOTE SUR L'EXPOSITION DE L'ADMINISTRATION DES PONTS ET CHAUSSÉES DE BELGIQUE

L'exposition de l'Administration des ponts et chaussées de Belgique se trouve à côté de la section de l'enseignement. Elle comprend des modèles et plans de travaux fort importants, de diverses natures, des cartes, dessins et photographies représentent l'ensemble de l'amélioration projetée et en partie exécutée des cours de l'Escaut et de la Meuse. Deux méthodes différentes sont appliquées.

Les indications des hauteurs journalières de l'Escaut sont prises à diverses stations, et les appareils mis à ces points sont reliés par des fils électriques à des tambours enregistreurs, sorte de marégraphes, tous concentrés dans le bureau de l'ingénieur à Anvers. Actuellement ces appareils sont réunis à l'Exposition où on les voit fonctionner.

Des dessins représentent également les beaux travaux exécutés pour deux canaux à grande section. On trouve, pour l'un d'eux, un élévateur hydraulique de beaucoup plus grande dimension que celui d'Anderton en Angleterre. Des écluses, d'une disposition nouvelle, sont flanquées de deux bassins dont les fonds sont à des hauteurs intermédiaires entre le plan d'eau supérieur et le plan d'eau inférieur. Des portes latérales permettent de remplir ces bassins, dont l'eau est ensuite remise dans l'écluse, en évitant la perte d'une égale quantité à chaque éclusée. On a exposé un modèle de cette écluse.

Une partie importante de l'exposition des ponts et chaussées est consacrée aux travaux du port d'Anvers. Le port est divisé en deux parties, savoir : 1° les bassins à flots, où l'on trouve les entrepôts et la grande gare maritime du chemin de fer; 2° les quais de l'Escaut, obtenus par la régularisation du lit du fleuve, et donnant une profondeur d'eau d'au moins 8 à 9 mètres contre le quai à marée basse. Un spécimen du quai existe dans le parc. Tous ces bassins et quais, desservis par des voies ferrées, sont munis d'engins hydrauliques pour la manutention. On peut citer : une grande bigue de 120 tonnes et un pont roulant pesant 375 tonnes, donnant une passe libre de 27m,50. Sa longueur est de 48m,36. Il est levé au moyen de deux plongeurs hydrauliques de 1m,80 de diamètre, et tiré par des chaînes actionnées à l'aide de plongeurs de 0m,61 de diamètre.

Les dépenses effectuées à Anvers peuvent se monter à 124 millions de francs.

Le mode de construction des quais de l'Escaut a d'ailleurs été déjà signalé à la Société par M. Hersent (Bulletin d'avril 1882), où l'on trouvera un plan d'Anvers avec indication des travaux projetés, aujourd'hui terminés. A droite de ce plan, on voit une grande gare appelée *station du Sud*, actuellement ouverte, et tout contre laquelle se trouve l'Exposition avec sa principale entrée dans l'*avenue du Sud*.

On trouve en outre des renseignements sur Anvers, ses bassins et son trafic, dans les ouvrages suivants :

Annales des ponts et chaussées, 1878.

1er Semestre. Mémoire de M. Quinette de Rochemont, *Annales des ponts et chaussées*, 1882. 2e Semestre. Note par M. G. Lechalas.

Génie civil, 1er semestre 1884.

NOTES SUR L'EXPOSITION DES CHEMINS DE FER

1. *Matériel fixe.* — A l'Exposition d'Anvers, le matériel fixe n'a point été groupé dans un endroit spécial et les chemins de fer de l'État n'ont point exposé. Les quelques objets isolés et épars que l'on rencontre, sont d'ailleurs uniquement des spécimens de fabrication. Il est donc difficile de citer autre chose que l'exposition des signaux de Saxby, une autre installation d'aiguilles et de signaux de M. Flamache, et la collection complète du Grand Central belge. Signalons aussi les appa-

reils électriques de la compagnie du Nord, dans l'exposition de M. Mors.

2. *Matériel roulant.* — Un très petit nombre de pays ont envoyé du matériel roulant de chemins de fer à l'Exposition d'Anvers. La Belgique seule montre de très nombreux spécimens, mais les voitures à voyageurs, et, d'une façon générale, les types courants devront être étudiés sur les chemins de fer eux-mêmes. Notons d'ailleurs que tous les produits sont exposés par les constructeurs, et que l'administration des chemins de fer de l'État belge n'est point exposante.

Locomotives. — L'usine de la *Société Cockerill à Seraing* a mis dans son groupe spécial, situé au milieu de la galerie des machines, trois locomotives.

1° Citons d'abord la machine la plus intéressante de toute l'Exposition par sa nouveauté. Elle a été construite sur les plans de l'État belge, en vue de remorquer les express sur les fortes inclinaisons de la rampe du Luxembourg belge. C'est une machine à tender séparé, montée sur quatre essieux, dont trois accouplés avec roues de $1^{m},70$ de diamètre environ. L'essieu porteur d'avant est muni de boîtes radiales du système Roy. Les cylindres inclinés sont placés entre le premier et le deuxième essieu; le tiroir est accessible de l'extérieur, et la distribution est du système Walchaerts. Les glissières de tête du piston sont à la partie supérieure seulement. La chaudière est de très grande dimension, et le foyer, très long et très large, est situé au-dessus des roues d'arrière. Ce foyer manquait de hauteur, et l'on a eu, dit-on, recours à un artifice, lequel a consisté dans l'isolement du corps cylindrique et du foyer, avec deux niveaux d'eau différents [1]. Une communication existe entre les deux chambres d'eau, et une autre entre les deux chambres de vapeur, munies chacune d'un dôme avec tuyau de jonction. (Notre collègue, M. A. Mallet, a publié une disposition analogue dans la *Revue industrielle* du 27 octobre 1875.) Le foyer est pourvu de quatre portes et les hommes de service sont à une hauteur inusitée, de telle sorte que l'abri a dû recevoir des parois latérales fortement cintrées à la partie supérieure pour entrer dans le gabarit, et assez prolongées pour empêcher ceux qui sont sur la plate-forme de passer la tête au dehors. Le mécanicien ne trouvant pas sa place sur la plate-forme d'arrière, à cause des quatre portes de chargement, a été mis dans une cabine sur

1. La machine exposée à Anvers n'a pas deux niveaux différents. Le projet avait été fait et doit être repris.

le côté droit de la machine, et, comme il est impossible de se rendre de l'avant à l'arrière de la machine, ce mécanicien communique par un acoustique avec les chauffeurs.

Parmi les détails à signaler, il faut citer l'emploi d'un changement de marche à vapeur; l'adoption de soupapes chargées directement par deux ressorts et un balancier suivant la disposition Attock; l'usage de balanciers, entre la première et la deuxième paire de roues et entre la troisième et la quatrième; les balanciers du premier groupe ont leur pivot attaché à un grand balancier transversal, de telle sorte que la répartition de la charge à l'état statique se fait sur trois points. Les ressorts sont du modèle en usage depuis deux ans environ sur l'État belge; ils sont assez longs et fabriqués avec des lames qui ne reçoivent aucune courbure initiale, de telle sorte que les lames sont toutes horizontales quand le ressort n'est pas monté. Sous l'influence de la charge, le ressort fléchit au-dessous de l'horizontale, et ses conditions d'établissement sont telles que la ligne des appuis passe sensiblement par le milieu de la hauteur du ressort, lequel prend alors une courbure symétrique en forme de *poisson*. La machine est, comme toutes les machines à voyageurs de l'État belge, munie du frein automatique à air comprimé système Westinghouse, avec sabots agissant sur les roues motrices. La cheminée, dans le but d'offrir un large passage aux gaz, est de *section rectangulaire* terminée par un *chapiteau carré*.

2° La deuxième machine exposée par Seraing est établie d'après le dernier modèle de locomotives à marchandises à six roues accouplées de l'État belge, dont plusieurs spécimens sont en service depuis quelque temps déjà. Les dispositions des cylindres intérieurs et du bâti du modèle qui a précédé (et qui est exposé par *Haine-Saint-Pierre*), ont été sensiblement conservées, mais la chaudière a été élevée afin de mettre le foyer au-dessus des roues d'arrière et de porter la grille à $1^{m},90$ de largeur. Les parois latérales du foyer sont inclinées. Le mécanicien peut encore sortir sur le tablier qui règne autour de la machine, au moyen d'une porte ménagée à cet effet dans la face avant de l'abri, comme dans les machines américaines. Le poids total en service est de 43 tonnes, et la surface totale de chauffe est de 133 mètres carrés, en prenant pour les tubes le diamètre extérieur. On trouve dans cette machine plusieurs des dispositions de détail déjà signalées pour la première machine de Seraing, telles que : changement de marche à vapeur, ressorts à courbure symétrique, cheminée carrée, etc.

3° La troisième locomotive de Seraing est du type Nord à huit roues accouplées, construite pour le Nord-Belge en 1872; cette machine a parcouru 462 276 kilomètres, et, sans l'inscription placée dessus, on pourrait la croire neuve à quelques petits détails près.

L'exposition de la Société de *Marcinelle-Couillet*, qui se trouve vers l'extrémité belge de la galerie des machines, comprend 4 locomotives, dont une seule à la voie normale de $1^m,50$. Cette machine est d'un modèle courant de l'État belge, à 6 roues accouplées d'environ $1^m,70$ de diamètre pour remorquer les trains de voyageurs ou de marchandises sur les lignes à profils accidentés. Elle pèse 34 tonnes à vide, et $37^t,5$ en charge. La deuxième machine est pour un chemin de fer du centre de l'Italie, à voie de 1 mètre. Elle pèse $18^t,5$ à vide, 24 tonnes en charge, et est montée sur 6 roues accouplées de $1^m,04$ de diamètre. Les cylindres sont extérieurs ainsi que le bâti, et la distribution, qui est du système Walchaerts.

Les deux autres machines de Couillet sont de petites locomotives-tenders à 4 roues, pour voies de $0^m,60$ à $0^m,50$ du modèle bien connu, et qui fonctionne avec succès sur les chemins de fer du type dit Decauville. L'une pèse 6 tonnes à vide, l'autre $2^t,5$.

Les autres locomotives de la section belge se trouvent dans la partie réservée du matériel de chemin de fer, et vont être décrites dans l'ordre où elles se présentent, en partant du centre de la galerie.

Carels, de Gand, expose 2 machines, une grosse et une petite. La grosse machine est du modèle express de l'État belge à cylindres intérieurs et bâti extérieur, roues de 2 mètres de diamètre. Quelques changements ont été apportés au type usuel; notamment en ce qui concerne la distribution, laquelle a été adoptée du système Walchaerts, afin de pouvoir reporter les tiroirs vers l'extérieur et de les rendre plus accessibles. Le changement de marche à vapeur est placé contre le mécanicien, sur un coffre établi à cet effet le long de l'abri. Les ressorts sont à courbure symétrique et ceux des deux premiers essieux sont réunis par des balanciers. La glissière des têtes de piston est placée à la partie inférieure.

La petite machine de Carels, située sur une voie latérale, est destinée aux tramways, et est munie de la distribution du système Joy.

Viennent ensuite les objets de la *Société métallurgique, ateliers de Tubize*, au nombre de trois :

1° Une voiture à vapeur du type État belge à peu près analogue à celles exposées en 1878 à Paris ;

2° Une très grosse machine-tender qui passe pour une des plus fortes construites. Cette locomotive est montée sur 5 essieux dont 4 accouplés, chargés de 15 tonnes chacun. Le poids utile pour l'adhérence est de 60 tonnes, et le poids total dépasserait 75 tonnes. On a pris comme point de départ la machine de rampe à cylindres extérieurs de l'État belge, et l'on a augmenté la chaudière et les approvisionnements en ajoutant à l'arrière un essieu porteur à déplacement radial. La distribution est du système Walchaerts-Stewart sans excentriques. La cheminée est rectangulaire. Les soutes de cette machine contiennent, dit-on, 10 500 litres d'eau et 4 500 kilogrammes de combustible. La surface de chauffe serait de 160 mètres carrés.

La troisième machine de Tubize est une petite locomotive de tramway, d'un type primé par la Société des chemins vicinaux.

La Société de *Haine-Saint-Pierre* a envoyé deux locomotives :

1° Une machine à marchandises à 6 roues accouplées et à cylindres intérieurs, du modèle courant de l'État belge ;

2° Une petite locomotive-tender.

La Société de *Saint-Léonard* de Liège est représentée par une locotive-tender destinée au chemin de fer d'Anvers à Gand, dont la voie a seulement $1^{m},10$ de largeur, et qui, ouvert en 1847, est l'un des plus anciens avec voie étroite. Le profil étant très facile, il n'y a qu'une seule paire de roues motrices, le bâti est extérieur ainsi que les cylindres. La distribution est du système Walchaerts. Le frein est à patin.

Sur la même ligne que les locomotives belges et vers l'extrémité de la galerie, se trouvent 3 locomotives-tenders à 4 roues des types bien connus *de Krauss*, de Munich. La plus petite pèse environ 2 tonnes.

La Société de *Dyle et Bacalan* a exposé un tender destiné à accompagner la machine express à 6 roues accouplées de Seraing.

On ne trouve plus maintenant de locomotives exposées que dans la *section française*, à la gauche de l'emplacement occupé par la *Société des anciens Établissements Cail*, lesquels ont envoyé 3 locomotives : L'une appartenant à la Compagnie d'Orléans (M. *Forquenot*, ingénieur en chef du matériel et de la traction) est du modèle à voyageurs à 4 roues accouplées de $1^{m},80$ de diamètre, et à 4 essieux avec foyer

Ten-Brinck. La surface totale de chauffe est de 143^{m2},60, et le poids total se monte à 42^{t},5 dont 26 tonnes utiles pour l'adhérence. Ces machines font avec succès le service des express sur les lignes à profils accidentés, comme par exemple entre Toulouse et Capedenac.

La deuxième machine exposée par Cail est une machine-tender exécutée sur les plans de la Compagnie de l'Ouest (M. *Clérault* ingénieur en chef du matériel et de la traction), et d'un modèle récent, destinée à remorquer les trains de Paris à Saint-Germain sans changer de machine au Pecq, comme on le fait aujourd'hui, pour gravir la rampe de 0^{m},035 de l'ancien chemin de fer atmosphérique. Cette machine est à 6 roues accouplées de 1^{m},54 de diamètre, et son poids en charge est de 39 tonnes 1/2. Elle est munie du frein Westinghouse à air comprimé comme presque toutes les locomotives à voyageurs de la compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

La troisième locomotive envoyée par la Société des anciens établissements Cail est une petite locomotive à voie de 0^{m},60 environ du type des exploitations de cannes à sucre, avec cheminée à étouffoir.

Dans la section française, on trouve des dessins représentant les diverses locomotives construites jusqu'à ce jour dans le *système Compound*, sur les plans de notre collègue *M. Mallet*, lequel a été le premier à faire cette application aux locomotives, dont on trouve maintenant des spécimens en France, en Russie, en Angleterre, en Allemagne, en Grèce, etc.

Dans la grande halle générale, à l'extrémité de l'exposition française, et séparée de celle-ci par la salle réservée à l'État libre du Congo, se trouve la salle spéciale de M. de Lesseps, Suez et Panama. Dans cette dernière, on voit une petite machine locomotive exécutée par la *Société franco-belge*, d'après le système Bourdon, lequel dérive des machines Brown, de Winterthur, à balancier de renvoi.

Plusieurs machines de tramway, au lieu d'être exposées dans la galerie, prennent part à un concours de traction sur le tramway allant de l'Exposition à la place de la Commune. Ce tramway est à trois files de rails de manière à admettre des véhicules aux voies de 1^{m},50 et de 1 mètre. On y voit notamment une machine de Tubize, une de Krauss, de Munich; une de Kessler, de Esslingen, et une voiture à vapeur du système Rowan, construite par la Société franco-belge.

Voitures et Wagons. — Il n'existe que fort peu de voitures à voyageurs, et parmi celles-ci nous citons : une voiture mixte avec frein à vide exécutée par la *Compagnie du Grand Central belge* dans les *ateliers de Louvain.*

Une voiture à voyageurs, à guérite et à frein par un constructeur italien et destinée aux *chemins de fer de la haute Italie.*

Une voiture mixte avec perron, par la *Société de Malines* pour le chemin de fer Lloyd-Rostock.

Les chantiers de la *Dyle et Bacalan* exposent une voiture à voie étroite, montée sur bogies, avec perrons extérieurs, et aussi une voiture de 1re classe à 6 roues pour l'État belge.

On trouve également plusieurs véhicules de tramway ou de chemin de fer à voie étroite de divers constructeurs.

Dans la section française est un véhicule pour tramway, consistant en une terrasse terminée à chaque extrémité par un compartiment. Ce véhicule a été construit à Blanc-Misseron (Nord).

Le matériel à marchandises compte de plus nombreux spécimens, parmi lesquels :

Un grand wagon à 6 roues du *Grand Central belge.*

Un wagon plat à 4 roues de la même compagnie, construit par la *Société des grosses forges de la Hestre.*

Un wagon à houille à bords en bois, à frein, à huit sabots et à guérite, pour l'État belge, par le même constructeur que le précédent.

Un grand wagon à 20 tonnes et à 2 bogies de l'État belge, par la *Société de Morlanwelz.*

Un châssis de wagon du même constructeur, avec frein à hélice, *système Gambaro.*

Un wagon à bois par *Neulise* de Bracquegnies.

Un wagon-tombereau, type de l'État belge, avec frein à main Stilmant par la *Société de Nivelles.*

Un wagon à bords en tôle très hauts, pour le transport des combustibles et laines, destiné à l'État belge et construit par *Halot* de Louvain.

En dehors de ces machines ou véhicules complets, on voit, dans les sections belge et française, de très nombreux spécimens de pièces de forge et de détails, roues, essieux, ressorts, etc., exposés par les constructeurs qui livrent ces pièces aux ateliers de construction.

RECHERCHES

SUR LA

CONSTRUCTION THÉORIQUE

DES

HÉLICES PROPULSIVES

PAR M. **DUROY DE BRUIGNAC**

Cette étude, en cherchant à analyser le fonctionnement d'une aube d'hélice, donne les moyens de résoudre un double problème : construire une aube réalisant un effet demandé; déterminer l'effet d'une aube donnée quelconque.

L'hélice propulsive classique est essentiellement une surface hélicoïde engendrée par le mouvement d'une ligne droite s'appuyant sur une hélice à pas constant et sur l'axe de celle-ci auquel elle reste toujours normale. On nomme la ligne droite *génératrice* et l'hélice *directrice;* et on a conservé ces désignations, par analogie, dans les propulseurs où on a diversement modifié et contourné ces lignes. Ordinairement, chaque aube de l'hélice est limitée par un cylindre concentrique à base circulaire et par deux plans normaux à l'axe.

On a imaginé des hélices de bien des sortes, en vue d'en améliorer l'effet. Nous ne pouvons songer à les décrire dans une simple note; elles se trouvent dans les ouvrages spéciaux. D'ailleurs cette revue offrirait peu d'intérêt, et la comparaison des divers systèmes avec le nôtre ressortira naturellement de l'exposé suivant.

La préoccupation principale qui s'est montrée dans les diverses formes d'hélices était celle-ci : 1° maintenir la pression de l'eau pendant son parcours sur l'aube au moyen d'une directrice *à pas croissant ;*

2° annuler le plus possible « l'action centrifuge » de l'hélice, comme inutile à la propulsion et par conséquent nuisible.

Le meilleur exemple, peut-être, de ce système, est l'hélice Hirsch, parue il y a environ vingt ans et légèrement modifiée depuis. L'aube est comprise, comme dans l'hélice ordinaire, entre le cylindre concentrique et deux plans normaux à l'axe ; la génératrice et la directrice sont des courbes tournant leur concavité très accentuée dans le même sens, celui de l'action sur l'eau. Au début, ou peu après, M. Hirsch adopta pour génératrice une spirale d'Archimède.

Cette hélice a été perfectionnée notamment par M. du Rocher du Quengo qui, par des motifs calculés, substitua la spirale logarithmique à la spirale d'Archimède et adopta pour directrice une sinusoïde. Du reste, il ne paraît pas avoir décidé s'il convenait de se borner à la partie concave de la sinusoïde, ou bien de l'employer tout entière, afin de laisser décroître la vitesse de l'eau sur l'aube après un certain point, et de l'abandonner sans vitesse.

D'autres auteurs, comme M. Thornycroft et lord Dundonald, ont adopté des génératrices paraboliques diversement tournées ; mais celles-ci, au lieu d'être contenues dans un plan normal à l'axe, comme la génératrice Hirsch, sont dans un plan passant par l'axe .... Nous nous bornerons à dire que ce dernier système diffère entièrement du système Hirsch et de ses dérivés. Au système Thornycroft peut s'appliquer ce que nous dirons dans la suite... Nous croyons ce système inutile et même défectueux pour l'hélice considérée isolément ; bien que la disposition des courants le long du navire puisse peut-être le recommander[1]...

Le reproche principal qu'il est permis de faire à ces systèmes, comme à tous ceux parus jusqu'ici, c'est que leurs éléments essentiels, — génératrice, directrice ou autres, — sont choisis trop arbitrairement ; par une intuition générale du phénomène, par une impression de sentiment, plus ou moins nette, sur la manière dont l'aube agit sur l'eau... mais nullement par des motifs de calcul ou des considérations de mécanique précises. — Sur ces bases trop vagues, certains auteurs ont édifié des calculs remarquables, indiquant bien l'action d'une surface donnée ; mais évidemment ces calculs ne pouvaient diminuer l'incertitude du point de départ.

1. Dans ce qui suit, à moins de mention contraire, nous ne parlerons que des génératrices courbes dans le plan normal à l'axe de rotation.

L'étude suivante, au contraire, a pour but de déterminer exactement, autant que possible, ce que doivent être la génératrice et la directrice, ou les éléments par lesquels on serait conduit à les remplacer, pour satisfaire à la condition initiale du problème.

Effet centrifuge de l'hélice. Génératrice. — Il importe de montrer d'abord que l'effet dit centrifuge de l'hélice est inévitable et résulte de sa constitution essentielle; qu'il n'est pas proprement nuisible; qu'en le supprimant plus ou moins on n'améliore pas le rendement, au contraire, et qu'on n'obtient qu'une illusion.

Soit (fig. A, pl. 101), un élément de surface hélicoïde ordinaire fixé à l'extrémité d'un rayon géométrique, et subissant le double mouvement propre à l'hélice pendant un temps *dt* assez court pour que ce mouvement se projette sur une étendue sensiblement plane du cylindre concentrique de même rayon; AB est la projection ou trace sur le cylindre de la position initiale de l'élément de surface au début du mouvement; A'B' sa projection à la fin; le point A est la projection du rayon. AC est le mouvement réel, normal à AB[1], d'une particule d'eau partant de A. CH est la projection de ce mouvement parallèlement à l'axe de l'hélice, c'est la composante utile à la propulsion. AH est la composante normale à la translation du bateau; elle est inutile à la translation mais inévitable avec le mode d'action biaise de l'hélice. V_m est la vitesse de marche du navire et n le nombre de tours de l'hélice par seconde.

La vitesse CH n'est aucunement centrifuge. La vitesse AH n'est pas centrifuge relativement au rayon qui la cause, puisqu'elle lui est normale; mais elle l'est relativement aux autres rayons placés tout autour de l'axe au même instant, comme aux autres positions du rayon considéré. Le cône tronqué d'eau agitée qui suit une hélice est l'effet de ces composantes AH tout autour de l'axe... A un instant considéré, cette « excentricité » à la surface de l'eau n'est pas due aux aubes alors horizontales, mais aux positions antérieures de celles-ci et aux autres aubes... Bref, il n'y a pas de tendance centrifuge autre que l'effet inévitable de l'une des composantes de l'action biaise de l'hélice.

1. AC est normal à AB si l'on néglige le frottement de l'eau sur l'aube; c'est presque exact et beaucoup plus simple; les auteurs, sans exception, je crois, le font ainsi. — Du reste, on pourrait appliquer le procédé général de cette étude après l'introduction d'un coefficient de frottement, c'est-à-dire d'un coefficient d'inclinaison de CA sur AB.

Par suite, il n'est pas utile de combattre l'effet, dit centrifuge, de l'hélice tant que l'on emploie ce genre de propulseur; on n'a qu'à donner à chaque élément l'angle, mesuré sur le cylindre concentrique, qui convient le mieux à la propulsion.

Sans doute, on peut aisément diminuer l'effet « centrifuge » par une courbe convenable de l'aube; c'est ce qu'à fait, par exemple, l'hélice Dundonald; — on y réussirait bien mieux encore en enveloppant l'hélice d'un cylindre concentrique à son axe de rotation! — mais l'effet obtenu ne serait qu'un trompe-l'œil; on n'aurait augmenté aucunement la propulsion, au contraire, et on aurait seulement créé un travail nuisible de frottement latéral.

Il convient d'appuyer sur ces notions.

Voyons comment agirait un élément d'aube courbe. Quelle que soit la forme du solide reliant cet élément à l'axe de rotation, on peut le considérer comme fixé à l'extrémité d'un rayon géométrique; seulement, au lieu que ce rayon soit en contact avec l'élément suivant une ligne droite, comme dans le cas précédent, ce rayon percera l'élément en un point.

Pour que cet élément d'aube courbe soit comparable à celui d'aube ordinaire considéré tout à l'heure, il faut que sa trace sur le cylindre concentrique fasse toujours l'angle α avec un plan normal à l'axe. Nous supposons que l'élément est tourné de façon à exercer sur l'eau une action centripète; mais le raisonnement serait semblable pour une direction inverse. Nous considérerons le même mouvement, $2\pi r n\, dt$, $V_m\, dt$.

Le mouvement réel de la particule d'eau est toujours normal à la surface. Il peut alors se décomposer en trois composantes, l'une parallèle à CH, l'autre parallèle à AH, la troisième parallèle au rayon. Cette troisième composante est centripète, c'est elle qui cause l'effet désiré; mais il est facile de voir qu'elle n'augmente aucunement la propulsion.

Il faut même remarquer que la composante de propulsion utile, analogue à CH, est nécessairement moindre dans ce second cas que CH dans le premier cas, figure A.

Pour présenter cette démonstration commodément, il suffit d'observer qu'elle revient à la forme suivante d'un théorème de descriptive usuelle, dans lequel nous conservons les lettres de la figure A :

Soit (fig. B) un point A situé dans le plan vertical de projection et un plan oblique C A′ N, qui n'est autre que le plan de l'élément d'aube

après le mouvement, lequel plan passait par A au début du mouvement. CA'T est l'angle de propulsion. Si l'on mène une perpendiculaire AC à la trace verticale et une perpendiculaire AC' au plan, le pied C' sera plus rapproché du plan horizontal que C, tant que A'N fera un angle aigu avec la ligne de terre, c'est-à-dire tant que l'élément d'aube ne sera pas dirigé selon le rayon, comme figure A. Or, cette distance du pied de la perpendiculaire au plan horizontal de projection est précisément égale à la composante de propulsion utile plus l'avancement $V_m\,dt$ du bateau. On peut donc conclure l'énoncé suivant : *Pour le même rayon, le même angle de propulsion et le même mouvement élementaire, la propulsion dans le sens de la marche de l'hélice à génératrice droite selon le rayon est toujours supérieure à celle de l'hélice à génératrice courbe, ou droite dans toute autre direction que celle du rayon.*

On peut étudier le même effet en supposant aux aubes, non plus le même angle de propulsion, mais à chacune l'angle de propulsion maxima qu'elle comporte. Nous emploierons (fig. C) une épure analogue à la précédente.

Les éléments A, A', A'N, etc., sont les mêmes que dans le cas précédent. Si l'on veut bien anticiper par la pensée des développements que nous donnerons plus loin, on reconnaîtra facilement le procédé par lequel nous déterminons les angles α, α', de propulsion maxima pour chaque hélice; ces angles sont donnés par les points MM', culminants relativement à *LT*, des demi-circonférences construites sur AA' et AA''. On voit aisément que M' est plus près de *LT* que M, et qu'il en sera toujours ainsi pour toute direction de A'N autre que la normale à *LT*, c'est-à-dire pour une direction quelconque de la génératrice courbe ne se confondant pas avec la génératrice droite selon le rayon. On peut donc conclure l'énoncé général suivant : *Pour un même point, la propulsion maxima dans le sens de la marche que comporte l'aube à génératrice droite selon le rayon est toujours supérieure à la propulsion maxima que comporte l'aube à génératrice courbe, ou droite dans toute autre direction que celle du rayon.*

Ces considérations, à la brièveté desquelles le lecteur suppléera aisément, nous font adopter un rayon comme génératrice initiale. — On verra bientôt que la construction méthodique de l'aube déforme progressivement les génératrices à partir de la génératrice initiale, en sorte qu'il n'y a qu'une seule espèce d'aube, d'ailleurs médiocre, qui

ait toutes ses génératrices droites selon le rayon. Mais nous donnerons ensuite, à l'article *aube striée*, un moyen de conserver à toutes les aubes, dans toute leur étendue, les qualités de propulsion de la génératrice droite selon le rayon.

Directrices; méthode de construction. — Étant donnée la première génératrice de l'aube, ou arête initiale, qui aborde l'eau la première, le système logique de construction de l'aube nous paraît le suivant : reconnaître quel serait le mouvement de l'eau résultant de la propulsion voulue, et construire l'aube conformément. Autrement dit, concevoir l'aube comme formée de la juxtaposition des directrices ou trajectoires de l'eau réalisant les conditions données de la propulsion. — Le raisonnement consiste à admettre que les directrices étant conformes au mouvement de l'eau sous l'impulsion voulue, réciproquement elles imprimeront à l'eau cette impulsion.

La condition qui nous semble préférable est celle-ci : une fois déterminé, par des considérations que nous indiquerons, l'angle initial d'une directrice, construire celle-ci de façon que la propulsion dans le sens de la marche reste constante sur toute sa longueur. — Bien entendu, nous considérons les directrices non pas comme des lignes géométriques, mais comme ayant une largeur suffisante pour agir. Nous admettons aussi que cette surface de la directrice est dirigée de façon à causer la propulsion que suppose l'épure, c'est-à-dire dirigée suivant le rayon. On verra, à l'article « aube striée, » quel moyen peut être employé pour assurer cette condition à toutes les aubes. S'il n'en était pas ainsi dans un cas donné, il faudrait en tenir compte, ce qui est facile, la suite montrera comment.

En essayant le problème, on ne tarde pas à reconnaître qu'on ne peut pas utiliser par analogie les méthodes de calcul des autres machines hydrauliques, telles que : action d'une veine fluide frappant une surface, quantité d'eau passant entre les aubes de l'hélice, théories des roues ou turbines, pompes centrifuges, etc. En voici les motifs : 1° toutes ces méthodes renfermeraient une pétition de principe en supposant connu le mouvement de l'eau qu'il s'agit précisément de déterminer; 2° l'hélice a une condition toute spéciale, celle de prendre l'eau sans mouvement et de l'abandonner animée de la vitesse nécessaire à la propulsion; 3° l'eau, dans l'hélice, n'est aucunement guidée en dehors de la propulsion, et ne travaille pas proprement par pesanteur; 4° le

moteur fuit, condition toute particulière; 5° les méthodes connues ne permettent pas de distinguer les diverses accélérations de l'eau, différentes aux divers points de la trajectoire.

Ce dernier motif conduit à considérer l'action isolée d'une particule d'eau. C'est le seul moyen de calculer réellement la croissance du pas. Pour cela, il faut supposer la particule d'eau douée de la résistance qu'elle ne doit en réalité qu'à l'ensemble de ses voisines. Outre que cette simplification est inévitable, on reconnaît, en pénétrant dans le problème, qu'elle est satisfaisante. — Nous ne ferons pas intervenir le poids de la particule d'eau, parce qu'il n'agit pas, en effet, à la façon ordinaire, aucune des particules ne tendant à tomber relativement à ses voisines.

Les éléments principaux de la trajectoire sont : le rayon et l'angle de propulsion initiaux; la variation d'angle résultant de l'accélération et causant la croissance du pas; la variation de rayon résultant de l'accélération et causant l'excentricité ; l'angle de rotation ; l'angle de retard de la particule d'eau relativement à l'arête initiale.

Lorsqu'on cherche à exprimer ces variables par une formule, on reconnaît qu'elles ne sont pas séparables exactement, en sorte que l'on est conduit à opérer par approximations successives.

La marche la plus simple consiste à supposer d'abord l'accélération nulle ; puis, sur la trajectoire ainsi construite, à édifier la variation du pas et l'excentricité. — Ces deux phases de construction formeront les sujets de deux chapitres.

La justesse de cette marche et de l'hypothèse fondamentale nous paraît incontestable ; en tout cas, elle est confirmée par les observations suivantes : 1° l'hypothèse de la particule isolée, indispensable au second chapitre, pour discerner l'accélération, est sans inconvénient au premier, car les calculs resteraient les mêmes si l'on considérait à la fois toutes les particules se suivant sur une trajectoire, ou bien la masse d'eau réellement en cause au contact de la zone hélicoïde considérée; il n'y a donc pas là, pour le premier chapitre, de limitation réelle; 2° le calcul du premier chapitre convient, non seulement au cas limité de ce chapitre, mais à la zone initiale de l'aube dans l'hypothèse la plus étendue du second chapitre ; c'est donc un calcul par lequel il faudrait débuter en toute hypothèse ; 3° l'hypothèse de la particule isolée donne évidemment des résultats plus forts que la réalité pour l'excentricité et la variation du pas ; lors donc que les calculs du

second chapitre montreront que ces éléments sont très petits et souvent négligeables, on sera certain *à fortiori* qu'il en est réellement ainsi ; 4° la variation relativement très faible de pas et de rayon permet d'atteindre du premier coup l'approximation suffisante, et ôte ainsi toute obscurité à la méthode suivie.

A ce qui précède se présente une objection d'apparence formidable : si la génératrice droite est la meilleure et si le pas ne doit pas croître pratiquement de manière sensible, comment se fait-il que des hélices à génératrice et directrice très concaves, comme l'hélice Hirsch, aient donné des résultats positivement meilleurs que les hélices anciennes ?

La réponse est principalement celle-ci : Les directrices très concaves débutant par un angle beaucoup trop petit et finissant par un angle beaucoup trop grand, rencontraient quelque part dans leur étendue l'angle de propulsion maxima, que l'hélice classique ne savait pas calculer et n'avait pas, ce qui leur donnait une supériorité sur cette dernière malgré leurs défauts.

Pour ne pas trop étendre une note qui doit être brève, nous ne nous arrêterons pas à des objections secondaires, dont la réponse ressortira d'ailleurs de la suite de notre exposé.

CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE DE L'EFFET DES HÉLICES ORDINAIRES ET DES DIVERSES AUBES AYANT DES DIRECTRICES A PAS CONSTANT.

Lorsque la particule d'eau, poussée par l'aube, n'acquiert pas de vitesse, ce qui est la condition fondamentale de ce premier chapitre, elle reste toujours à la même distance de l'axe de rotation, c'est-à-dire se meut sur la surface du cylindre concentrique ayant le rayon initial pour rayon.

Il en résulte qu'on peut considérer le mouvement pendant une durée quelconque, 1″ par exemple, ce qui est commode pour la position des formules ; c'est ce que nous ferons ci-après.

Bien que la même particule ne reste pas au contact de l'aube pendant 1″, tant s'en faut, on peut raisonner comme si cela était, parce qu'il revient au même que la même particule glisse (dans ces conditions) sur une aube indéfinie, ou que plusieurs particules se succèdent sur une aube ordinaire dans des conditions identiques. — En tous cas, il est légitime, pour simplifier les formules, de rapporter à la 1″ un mouvement qui ne devrait durer effectivement qu'un temps beaucoup plus court.

I. — FORCE PROPULSIVE, VITESSE DE PROPULSION [1].

Puisque la particule d'eau se meut, aussi longtemps qu'on veut la considérer, sur un cylindre concentrique à l'axe ayant pour rayon le rayon initial, on peut figurer sa trajectoire en supposant ce cylindre développé sur le plan tangent au cylindre à l'extrémité de l'arête initiale. Dans la suite, nous supposerons toujours un semblable développement. La figure (1) représente divers développements analogues correspondant à trois rayons différents et à la durée de 1″.

Soit, par exemple, le développement AC_2A_2. Le point A est la projection de l'arête initiale; AB_2 est le développement d'une partie de la directrice, qui fait en A l'angle initial de l'aube $\alpha = B_2AT$, et propulse la particule d'eau. Pendant 1″, A subit un mouvement AA_2 dont les composantes sont : $AO = V_m$, vitesse de marche ou de translation du bateau, parallèle à l'axe de l'hélice; et un mouvement de rotation $A_2O = 2\pi rn$, n étant le nombre de tours que fait l'aube par 1″.

AA_2O est *l'angle de marche* α_m, dont la tangente est $\frac{V_m}{2\pi rn}$.

La particule d'eau, d'après notre hypothèse, se déplaçant normalement à la surface propulsive, il s'ensuit que la trajectoire réelle de la particule d'eau pendant 1″ est AC_2 normale à AB_2, l'angle AC_2A_2 étant droit. A_2C_2 est le mouvement apparent de la particule relativement au point A de l'arête initiale, d'où elle est partie. C_2H est la composante dans le sens de la marche du mouvement réel de la particule; AH est la composante dans le sens de la rotation.

La composante de rotation AH du mouvement réel de la particule,

1. Sauf mention contraire, nous entendrons toujours dans la suite par propulsion, vitesse de propulsion, force propulsive, etc., celles dirigées dans le sens de la marche du bateau parallèlement à l'axe de rotation de l'hélice.

conséquence inévitable de l'action biaise de l'hélice, est entièrement inutile à la propulsion puisqu'elle est normale à la direction de marche du bateau, tandis que la composante parallèle à l'axe du mouvement réel de la particule, $HC_2 = V_p$ « *vitesse de propulsion,* » est entièrement utile à la propulsion. La propulsion résulte de la résistance de la particule au mouvement réel que l'aube lui imprime.

V_p est donc l'élément essentiel du calcul de l'action propulsive d'un élément d'aube.

Connaissant V_p au moyen d'un calcul que nous allons donner, on peut déterminer la pression qui en résulte sur l'aube par divers moyens ; nous adopterons ici le suivant.

Nous admettrons comme sensiblement vrai, pour l'eau comme pour l'air, que les pressions normales aux surfaces, résultant de vitesses du fluide, sont proportionnelles aux carrés des vitesses, c'est-à-dire que l'on a

$$(1) \qquad \frac{p_n}{p'_n} = \frac{V^2}{V'^2},$$

p_n étant la pression normale du fluide sur une surface normale à son mouvement, et V la vitesse du fluide relativement à cette surface.

Les données expérimentales de cette équation pour l'eau paraissant encore trop incertaines, nous emploierons celles de l'air, à savoir : Pour une vitesse de 10 mètres par 1″, la pression du vent par mètre carré de surface normale, $p_n = 13^k$, etc. Et nous appliquerons cette base à l'eau en l'affectant du coefficient $\frac{1000}{1,3}$, rapport des poids du mètre cube d'eau et du mètre cube d'air.

Voici comment on opère pour déterminer V_p. Soit toujours pour exemple la section $A A_2 C_2$, pour laquelle l'angle de l'aube $C_2 A_2 O = \alpha$. Les triangles rectangles $C_2 A_2 I$, $A C_2 H$ sont semblables, avec les angles $C_2 A_2 O = A C_2 H = \alpha$; en sorte que l'on a :

$$\frac{AH}{HC_2} = \frac{HC_2 + HI}{IA_2},$$

ou bien, en prenant les notations pour 1″,

$$\frac{V_p tg\alpha}{V_p} = \frac{V_p + V_m}{2\pi r n - V_p tg\alpha}, \quad 2\pi r n\, tg\,\alpha - V_p tg^2\alpha = V_p + V_m,$$

$$(2) \qquad V_p = \frac{2\pi r n\, tg\,\alpha - V_m}{1 + tg^2\alpha}.$$

Si, ayant V_p, on cherchait α, on tirerait de l'équation précédente

$$(3) \qquad tg\,\alpha = +\frac{\pi r n}{V_p} - \sqrt{\left(\frac{\pi r n}{V_p'}\right)^2 - \frac{V_m + V_p}{V_p}}.$$

Le double signe du radical convient aux deux solutions possibles, pour la même valeur de V_p, $C_2 A_2 O$, $C'_2 A_2 O$; mais la solution $C_2 A_2 O$, correspondant au radical négatif, est évidemment la seule à prendre, parce que, pour la même propulsion, elle donne moins de résistance de torsion.

Ces relations, entre l'angle d'une section et la vitesse de propulsion qu'elle cause, sont tout à fait générales, c'est-à-dire s'appliquent à toutes les aubes comprises dans ce premier chapitre, à la seule condition qu'elles soient, comme elles sont en effet, des hélices à pas constant.

Ces formules déterminent entièrement une trajectoire du premier chapitre, puisque celle-ci n'a ni excentricité ni relèvement; mais elles sont encore nécessaires au second chapitre pour déterminer l'angle d'attaque de l'arête initiale, autrement dit la directrice base sur laquelle on applique l'excentricité et le relèvement.

Les formules précédentes se modifient dans certains cas particuliers, dont quelques-uns seront exposés plus loin; nous croyons préférable de ne pas les anticiper ici.

Ce qui précède permet déjà les remarques suivantes :

1° Pour calculer une aube exactement, il faut admettre une certaine vitesse de translation et de rotation; en dehors de ces données son action change.

On peut calculer cette nouvelle action, en toute hypothèse, par le même procédé que précédemment; et on peut calculer pareillement l'effet d'une aube donnée quelconque. Dans ce dernier cas néanmoins, il faudrait voir dans quelle mesure la direction générale de la surface peut modifier l'action des directrices considérées individuellement, et en tenir compte; car la propulsion totale est toujours normale à la surface générale de l'aube, tandis que sa composante parallèle à l'axe intervient seule dans le travail utile de propulsion. Notre procédé de calcul s'applique toujours, moyennant que l'on détermine bien la composante de propulsion parallèle à l'axe. Pour une aube à construire, on verra, à l'article « aube striée, » comment on peut toujours faire que l'élément propulseur soit dirigé selon le rayon.

La vitesse et le nombre de tours sont ordinairement fixés par des conditions préalables. S'il n'en était pas ainsi, il paraîtrait facile de les choisir; car, d'une part, la résistance du navire croît environ comme le carré de sa vitesse, et, d'autre part, l'hélice fonctionne d'autant plus avantageusement (on le verra) que ses angles sont plus petits, c'est-à-dire sa vitesse de rotation plus grande. Il est donc probable que l'on fixera du premier coup la rotation la plus rapide possible et la vitesse de translation nécessaire dans le cas particulier.

2° C'est une conception fausse dans une certaine mesure, et dangereuse, de prendre pour vitesse théorique maxima de translation d'une hélice son avancement « comme dans un écrou solide; » (ce qui supposerait, par exemple, AA_2 en prolongement de AB_2); car ce cas diffère essentiellement de la réalité, dont la condition fondamentale est que le fluide fuit et l'aube le suit en le pressant. On ne peut pas conclure légitimement de l'hypothèse de « l'écrou solide » vers la pratique, parce que la base du raisonnement et sa conclusion sont placées dans des conditions contradictoires; la « vitesse de propulsion, » essentielle au calcul des hélices, est alors rigoureusement nulle.

3° On ne peut pas comparer directement l'essai d'une hélice en marche ou bien « tirant sur un point fixe; » car les vitesses de propulsion développées dans ces deux cas sont très différentes.

Si l'élément d'aube AB_2, précédemment étudié, tirait à un point fixe pendant 1″, A n'irait pas en A_2 mais en A'_2. La particule d'eau aurait pour trajectoire vraie une normale à AB_2 prolongée jusqu'à la rencontre d'un cercle de diamètre $AA'_2 = 2\pi rn$; ce mouvement serait beaucoup plus étendu que AC_2. On trouve aisément, par un calcul semblable au précédent, que la vitesse de propulsion dans ce cas serait

$$(2') \qquad V_{pf} = \frac{2\pi rn.tg\alpha}{1+tg^2\alpha},$$

ce qui revient à l'expression (2) dans le cas où $V_m = 0$. Si, essayant le même élément « au point fixe, » on voulait en tirer une conséquence pratique, il faudrait conclure V_{pf} de l'effort de traction mesuré, puis calculer V_p en marche par la relation des formules (2) et (2'). On voit aisément que cette relation est

$$(2'') \qquad V_p = V_{pf}\left(1 - \frac{V_m}{2\pi rn.tg\alpha}\right) = V_{pf} - \frac{V_m}{1+tg^2\alpha}.$$

La formule (2) étant générale, ce qui précède s'applique aux directrices d'une aube quelconque prises individuellement.

Mais la question est loin d'être aussi simple en pratique, car on n'a pas une directrice seulement, mais une aube entière dont la vitesse de propulsion varie avec le rayon... Le dynamomètre ne donnant qu'une résultante de traction, il faudrait calculer la traction théorique au point fixe propre à chaque zone au moyen des formules (1) et (2′); réduire ces tractions proportionnellement à la résultante du dynamomètre; en déduire la vitesse de propulsion réelle sur chaque zone; la transformer en vitesse en marche par la relation (2″), puis en conclure la pression en marche sur chaque zone et le travail... Encore la comparaison ainsi faite ne serait-elle jamais exacte, parce que l'essai au point fixe cause plus de remous d'eau autour de l'hélice que l'essai en marche... D'aucune manière donc, l'essai « au point fixe » ne nous paraît recommandable; mieux vaudrait, lorsque le loch est trompeur, parcourir un espace de longueur connue.

II. — Aube a propulsion maxima.

Dans le cas particulier où, comme pour la section $A A_1 C_1$, le sommet C_1 du rectangle se trouve au sommet du cercle $A C_1 A_1$, c'est-à-dire au point de tangence d'une parallèle à $A_1 O$, on remarque que $C_1 I$ est un rayon prolongé, en sorte que $A_1 I = I O = \pi r n$; il en résulte les valeurs particulières suivantes de V_p et α, que, pour les distinguer, nous désignerons par V_{p_0} et α_0.

$$\frac{A H}{H C_1} = \frac{C_1 H + H I}{A_1 I}, \qquad \frac{\pi r_0 n}{V_{p_0}} = \frac{V_{p_0} + V_m}{V_{p_0}}$$

$$(4) \qquad V_{p_0} = -\frac{V_m}{2} + \sqrt{\frac{V_m^2}{4} + \overline{\pi r_0 n^2}}.$$

La figure montre que le signe positif du radical est le seul bon; car, dans cette section spéciale,

$$A_1 K = K A = K C_1,$$

en sorte que l'expression (4) revient à

$$V_{p_0} = K C_1 - K H.$$

Pour déterminer α_0, on a directement

$$(5) \quad tg\,\alpha_0 = \frac{\pi r_0 n}{V_{P_0}} = \frac{V_{P_0} + V_m}{\pi r_0 n}, \text{ ou encore, } tg\,\alpha_0 = \sqrt{\frac{V_{P_0} + V_m}{V_{P_0}}}$$

On pourrait trouver aussi, en substituant la valeur (4) de V_{P_0}

$$(5') \quad tg\,\alpha_0 = \frac{\pi r_0 n}{+\sqrt{\frac{V_m^2}{4} + \overline{\pi r_0 n}^2} - \frac{V_m}{2}};$$

ou bien

$$(5'') \quad tg\,\alpha_0 = \frac{V_m}{2\pi r_0 n} + \sqrt{\frac{V_m^2}{4\overline{\pi r_0 n}^2} + 1},$$

en divisant la valeur (5') par $\pi r_0 n$ et multipliant le tout, haut et bas, par

$$+\sqrt{\frac{V_m^2}{4\overline{\pi r_0 n}^2} + 1} + \frac{V_m}{2\pi r_0 n}.$$

On reconnaît aisément que, lorsque la vitesse de propulsion atteint le sommet du cercle, comme HC_1, la section cause la propulsion la plus grande que comportent son rayon et les vitesses données. Pour cette raison, nous nommerons une telle section *section de propulsion maxima*, ou d'*utilisation maxima*. — Pour des raisons que l'on verra, nous nommerons parfois le rayon r_0 de cette section *rayon minimum*.

Il est utile de pouvoir trouver *à priori* l'angle ou le rayon d'une pareille section, si on a l'un ou l'autre.

Si l'on a choisi r_0, les formules (4) et (5) donnent V_{P_0} et α_0.

Si, ayant V_{P_0} par une donnée quelconque, on cherchait r_0, l'égalité

$$\frac{V_{P_0} + V_m}{\pi r_0 n} = \frac{\pi r_0 n}{V_{P_0}}$$

donnerait

$$(6) \quad r_0 = \frac{\sqrt{(V_{P_0} + V_m)\, V_{P_0}}}{\pi n}.$$

(Si l'on introduisait cette valeur dans l'expression (3) celle-ci se réduirait à l'expression (5), ce qui doit être.)

Nous indiquerons plus loin, au sujet de diverses aubes, comment y rechercher la section de propulsion maxima.

Si l'on construisait une aube dont toutes les sections fussent à propulsion maxima, on aurait l'*aube à propulsion maxima*, la plus puissante que les vitesses données comportent.

Pour avoir la formule des tangentes de cette aube, il suffirait de prendre l'une des expressions (5), en y faisant r variable; par exemple

$$(7) \qquad tg\,\alpha_\mu = \frac{V_m}{2\pi r n} + \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi r n^2} + 1}.$$

Cette expression devient

$$tg\,\alpha_\mu = \frac{V_m}{2\pi r_0 n}\left[\frac{1}{K} + \sqrt{\frac{1}{K^2} + \frac{\overline{2\pi r_0 n}^2}{V_m^2}}\right],$$

si l'on veut exprimer r en fonction d'un rayon particulier r_0, en posant $r = K r_0$.

La figure (1) indique trois sections d'une pareille aube, celles $B'_1 A_1$, $B_2'' A_2$, $B_3'' A_3$, correspondant aux sommets C_1, M_2, M_3. La figure (4) représente le schéma de cette aube, pour certaines données calculées au chapitre III. L'arête initiale A B est seule droite; toutes les autres génératrices sont de plus en plus courbes.

On pourrait trouver commode de construire cette aube, non pas avec ses tangentes, mais au moyen des « *distances circulaires*, » c'est-à-dire des arcs de cercle décrits sur le plan final entre la projection de l'arête initiale et la trace finale de l'aube. Voici comment on opérerait.

Si l'étendue de l'aube était rapportée à la 1″, les distances circulaires cherchées seraient de la forme générale $\pi r n$, et la limite supérieure de l'aube, contenant tous les points tels que $C_1 M_2 M_3$, serait une ligne située dans un plan passant par l'axe.

Mais si on limite l'aube, comme à l'ordinaire, par un plan normal à l'axe tel que $C_1 F$, les distances circulaires deviendront telles que $A_3 I$ et auront évidemment pour valeur

$$A_3 I = \pi r n \frac{V_m + V_{p_0}}{V_m + V_{\cdot_\mu}},$$

en nommant V_{p_o} la vitesse de propulsion de la section initiale tangentiellement à laquelle passe le plan C_1F, et V_{p_μ} la vitesse de propulsion variable dans l'aube de propulsion maxima.

Si la distance entre les plans initial et final, au lieu d'être $V_m + V_{p_o}$ comme ci-dessus, est h, et la distance circulaire correspondante de la section initiale, $\omega_o r_o$ au lieu de $\pi r_o n$, les distances circulaires seront :

$$\Delta_{p_\mu} = \pi r n \frac{h}{V_m + V_{p_\mu}} = \pi r n \frac{\omega_o}{\pi n} \cdot \frac{V_m + V_{p_o}}{V_m + V_{p_\mu}} = \omega_o r \frac{V_m + V_{p_o}}{V_m + V_{p_\mu}}.$$

car

$$h = (V_m + V_{p_o}) \frac{\omega_o}{\pi n}.$$

D'ailleurs V_{p_μ} aura évidemment une expression générale telle que (4)

$$(8) \quad V_{p_\mu} = +\sqrt{\overline{\pi r n}^2 + \frac{V_m^2}{4}} - \frac{V_m}{2} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{\overline{4\pi r n}^2 + V_m^2} - V_m\right);$$

par suite, Δ_{p_μ} a l'une ou l'autre des valeurs suivantes :

$$(9) \quad \Delta_{p_\mu} = \frac{2\,\omega_o r\,(V_m + V_{p_o})}{V_m + \sqrt{\overline{4\pi r n}^2 + V_m^2}} = \frac{2 r . h \pi n}{V_m + \sqrt{\overline{4\pi r n}^2 + V_m^2}}.$$

On voit qu'il suffit d'avoir h pour construire toutes les sections, même celle initiale, avec la deuxième formule (9).

L'aube à propulsion maxima ayant, en chaque section, l'angle le plus grand que celle-ci comporte théoriquement, on peut prévoir que les résultats du second chapitre ne s'appliqueront pas à elle. Il faudra faire cette aube assez étroite pour que l'accélération de la particule fluide parcourant une directrice, c'est-à-dire la variation de pas, soit négligeable. On verra que cette aube comporte néanmoins une étendue pratique très suffisante.

La disposition de cette aube est telle que la génératrice initiale est seule rigoureusement droite selon le rayon, les génératrices suivantes se courbent ensuite de plus en plus. Un effet semblable se produit dans toutes les aubes autres que celle ordinaire à pas constant. On trouvera à la fin de ce chapitre, à l'article *aube striée*, un moyen de conserver toujours l'effet de la génératrice droite selon le rayon. Quant à l'aube à propulsion maxima, dont l'effet propre n'est que légèrement centri-

pète, il n'y aura peut-être pas d'importance à la corriger par les stries.

III. — HÉLICE ORDINAIRE A PAS CONSTANT.

Cette aube, nous l'avons rappelé, a pour directrice une hélice à pas constant, et toutes ses génératrices droites, normales à l'axe. Sa projection sur le plan final est un secteur. Toute section par un cylindre circulaire concentrique est une hélice de même pas que la directrice. — La figure (1) représente trois sections d'une telle aube $A C_1 A_1$, $A C_2 A_2$, $A C_3 A_3$.

Les tangentes de cette aube ont pour expression $\frac{h}{\omega r}$, h étant la distance entre les plans extrêmes et ω l'angle du secteur.

Si l'on exprime cette tangente en fonction des quantités de la section d'utilisation maxima, qui se trouve quelque part dans cette aube on a :

$$(10) \qquad tg\,\alpha = \frac{h}{\omega r} = \frac{V_m + V_{r_0}}{\pi r_0 n} \cdot \frac{r_0}{r} = \frac{V_m + V_{r_0}}{\pi r n};$$

ou encore

$$tg\,\alpha = \frac{V_m + V_{r_0}}{\pi r_0 n} \cdot \frac{1}{k} = tg\,\alpha_0 \frac{r_0}{r} = tg\,\alpha_0 \cdot \frac{1}{k},$$

si l'on remplace r variable par $k r_0$, r_0 étant le rayon minimum, c'est-à-dire à la section d'utilisation maxima.

Il est souvent utile, comme on le verra par la suite, de trouver cette section d'utilisation maxima; voici comment on opérerait pour l'aube à pas constant.

On a, d'après la figure (1), pour une section quelconque, de rayon r et d'angle α,

$$tg\,\alpha = \frac{DA + V_m}{2\pi r n}; \quad DA = 2\pi r n\, tg\,\alpha - V_m.$$

($DO = DA + V_m$ est *le pas rapporté à la seconde;* toutes les sections convergent en D parce que toutes ont le même pas constant.)

On remarque ensuite que, dans la section d'utilisation maxima,

$C_1 I$ étant un rayon prolongé du cercle $A C_1 A_1$, on a $A_1 K = K A$, $A_1 I = I O$, $A_1 C_1 = C_1 D$, ce qui fait que les triangles $A_1 C_1 A$ et $A C_1 D$ sont égaux, et $A_1 A = A D$; d'où

$$\overline{AD}^2 - V_m^2 = \overline{2\pi r_0 n}^2 = \overline{2\pi r n tg\alpha - V_m}^2 - V_m^2 ;$$

d'où, en réduisant,

$$(11) \qquad r_0 = \sqrt{r tg\alpha \left(r tg\alpha - \frac{V_m}{\pi n} \right)}.$$

Ce qui importe principalement, c'est de connaître les vitesses de propulsion V_{P_r} dans les diverses sections de cette aube. La figure (1) indique que ces vitesses, telles que $H C_1$, $H C_2$, $H C_3$, croissent rapidement avec le rayon.

Si on introduit dans l'expression (2), qui convient à toute section, la valeur de $tg\alpha$ dans le cas présent, il vient :

$$(12) \qquad V_{P_r} = \frac{2\pi r n \dfrac{V_m + V_{P_0}}{\pi r n} - V_m}{1 + \left(\dfrac{V_m + V_{P_0}}{\pi r n} \right)^2} = \frac{\left(2 V_{P_0} + V_m \right) \overline{\pi r n}^2}{\overline{\pi r n}^2 + \left(V_m + V_{P_0} \right)^2} ;$$

remplaçant $\overline{\pi r n}^2$ par $K^2 \overline{\pi r_0 n}^2$, et se souvenant que l'expression (6) donne $\overline{\pi r_0 n}^2 = (V_{P_0} + V_m) V_{P_0}$, il vient :

$$(12') \qquad V_{P_r} = \frac{K^2 V_{P_0} (2 V_{P_0} + V_m)}{V_m + V_{P_0} (1 + K^2)}.$$

Si l'on cherche la différence entre V_{P_r} et V_{P_0}, on obtient

$$\delta = \frac{K^2 V_{P_0} (2 V_{P_0} + V_m)}{V_m + V_{P_0} (1 + K^2)} - V_{P_0} = \frac{V_{P_0} (V_m + V_{P_0}) (K^2 - 1)}{V_m + V_{P_0} (1 + K^2)}.$$

K étant toujours plus grand que 1, cette différence est toujours positive, ce qui manifeste la croissance constante de V_{P_r} avec le rayon.

Bien que V_{P_r} croisse avec le rayon, il n'augmente pas indéfiniment, il a même une limite rapprochée qui est $2 V_{P_0} + V_m$. En effet, si l'on

suppose K infini dans la formule (12'), il reste sensiblement $V_{p_v} = 2\,V_{p_0} + V_m$.

La figure (1) indiquait une limite, en montrant que tous les angles convergent en D, en sorte que les vitesses propulsives ne peuvent dépasser A D.

On voit d'ailleurs, par suite des propriétés de la section d'utilisation maxima, que $A\,D = 2\,V_{p_0} + V_m$. En effet, $A_1\,I = I\,O$, d'où $C_1\,I = D\,D' = V_{p_0} + V_m$; d'où $A\,D = 2\,V_{p_0} + V_m$.

Tous les angles $A\,C_1\,D$, $A\,C_2\,D$, $A\,C_3\,D$ étant droits, et leurs côtés convergeant en A et en D, les points C_1, C_2, C_3, sont sur une demi-circonférence.

Comparaison entre les hélices à pas constant et à propulsion maxima. — La figure 1 donne pour différence des tangentes de ces aubes, pour un même rayon

$$tg\,\alpha_\mu - tg\,\alpha = \frac{V_{p_\mu} + V_m}{\pi r n} - \frac{V_{p_0} + V_m}{\pi r n} = \frac{V_{p_\mu} - V_{p_0}}{\pi r n}.$$

Cette différence ne paraît pas donner de réduction intéressante entre les formules (7 et 10).

La différence des distances circulaires est

$$d = \omega_0 r \left[1 - \frac{2\,(V_m + V_{p_0})}{V_m + \sqrt{4\,\pi r n^2 + V_m^2}} \right] = \omega_0 r \left[\frac{\sqrt{4\,\pi r n^2 + V_m^2} - (V_m + 2\,V_{p_0})}{\sqrt{4\,\pi r n^2 + V_m^2} + V_m} \right]$$

Cette différence s'annule pour $r = r_0$, ce qui devait être, la quantité sous le radical devenant

$$\sqrt{4\,\pi r_0 n^2 + V_m^2} = \sqrt{4\,(V_{p_0} + V_m)\,V_{p_0} + V_m^2} = \sqrt{(V_m + 2\,V_{p_0})^2} = (V_m + 2\,V_{p_0})$$

Cette différence est positive pour $r > r_0$, et négative pour $r < r_0$. Cela montre, comme on pouvait le prévoir, que la trace sur le plan final de l'aube à propulsion maxima croise l'arête finale de l'aube à pas constant à la section d'utilisation maxima de celle-ci.

IV. — AUBE A VITESSE DE PROPULSION ÉGALE.

Lorsqu'on étudie le travail d'une aube, comme nous ferons plus loin, on voit que le rendement varie inversement à la puissance. Par suite, si l'on n'a pas besoin de toute la puissance possible, on évitera l'aube à propulsion maxima, qui rend le moins et par conséquent coûte le plus, pour préférer des formes plus adoucies.

Il se présente naturellement de faire une aube dont la vitesse de propulsion reste la même à tous les rayons, à partir d'une section initiale qui peut, soit être prise arbitrairement moyennant que ses éléments concordent, soit être une section d'utilisation maxima. C'est ce second cas que nous considérerons dans la suite.

L'expression (3) étant tout à fait générale s'applique au cas présent, moyennant que l'on y mette pour vitesse de propulsion constante V_{p_0} de la section initiale; on aura donc pour l'aube à vitesse de propulsion égale

$$(13) \qquad tg\,\alpha_c = \frac{\pi r n}{V_{p_0}} - \sqrt{\left(\frac{\pi r n}{V_{p_0}}\right)^2 - \frac{V_m + V_{p_0}}{V_{p_0}}}.$$

Si l'on exprime le rayon variable r en fonction du rayon de la section initiale en posant $r = Kr_0$, l'expression précédente devient :

$$tg\,\alpha_c = K\frac{\pi r_0 n}{V_{p_0}} - \sqrt{K^2\left(\frac{\pi r_0 n}{V_{p_0}}\right)^2 - \frac{V_m + V_{p_0}}{V_{p_0}}},$$

et, d'après l'expression (6)

$$tg\,\alpha_c = K\frac{\sqrt{(V_m + V_{p_0})V_{p_0}}}{V_{p_0}} - \sqrt{K^2\frac{(V_m + V_{p_0})V_{p_0}}{V_{p_0}^2} - \frac{V_m + V_{p_0}}{V_{p_0}}}.$$

$$(14) \qquad tg\,\alpha_c = + \sqrt{\frac{V_m + V_{p_0}}{V_{p_0}}}\left(K - \sqrt{K^2 - 1}\right) = tg\,\alpha_0\left(K - \sqrt{K^2 - 1}\right).$$

La figure (1) indique aisément la formation graphique de ces angles, tels que $P_2 A_2 O$, $P_3 A_3 O$, la section initiale étant $AC_1 A_1$ et $V_{p_0} = C_1 H = P_2 H = P_3 H$.

Pour avoir les distances circulaires, servant à construire l'aube autrement que par les tangentes, on opérera comme suit.

Soit Δ_c cette distance, et h la distance entre les plans initial et final ; on a évidemment

$$\frac{h}{\Delta_c} = tg\,\alpha_c$$

$$(15)\quad \left\{ \begin{array}{l} \Delta_c = \dfrac{h}{tg\,\alpha_c} = \dfrac{h}{tg\,\alpha_0} \cdot \dfrac{1}{K - \sqrt{K^2 - 1}} = h \cdot \sqrt{\dfrac{V_{p_0}}{V_m + V_{p_0}}} \cdot \dfrac{1}{K - \sqrt{K^2 - 1}} \\ \Delta_c = \omega_0 r_0 \dfrac{1}{K - \sqrt{K^2 - 1}} ; \end{array} \right.$$

selon que l'on emploie h ou bien la distance circulaire à la section d'utilisation maxima, $\omega_0 r_0$.

Si, pour représenter la forme de l'aube à vitesse de propulsion égale, on calcule la formule (15) pour quelques valeurs, il vient

pour $K = 1$	$\dfrac{1}{K - \sqrt{K^2 - 1}} = 1$	$\Delta_c = \omega_0 r_0 . 1$
— $= 1{,}25$	— $= 2$	— = — . 2
— $= 1{,}50$	— $= 2{,}61$	— = — . 2,61
— $= 1{,}75$	— $= 3{,}18$	— = — . 3,18
— $= 2{,}00$	— $= 3{,}73$	— = — . 3,73

Pour $K < 1$, le radical devient imaginaire, et, par suite, Δ_c. En effet, la figure (1) indique que, au-dessous de r_0, toutes les vitesses de propulsion sont moindres que V_{p_0}. La trace de l'aube à propulsion égale sur le plan final s'arrête à la section de rayon minimum. C'est dans ce cas que r_0 est bien nommé le « rayon minimum » de l'aube utile.

Comparaison entre les hélices à pas constant et à vitesse de propulsion égale. — Pour comparer ces aubes, il faut les placer dans des conditions aussi semblables que possible ; ce sera en leur supposant même arête initiale et même directrice au rayon minimum ; elles seront confondues en ces deux points.

Si l'on nomme α les angles de l'hélice à pas constant et α_e les autres, les formules (10) et (14) donneront pour différence des tangentes.

$$tg\alpha - tg\alpha_e = \sqrt{\frac{V_m + V_{p_o}}{V_{p_o}}}\left(\frac{1}{K} - K + \sqrt{K^2 - 1}\right)$$

Voici cette différence calculée pour diverses valeurs de K

pour $K = 1$ $\quad tg\alpha - tg\alpha_e = \sqrt{\frac{V_m + V_{p_o}}{V_{p_o}}} \times 0$

— $= 1{,}25$ — $=$ — $\times 0{,}30$

— $= 1{,}50$ — $=$ — $\times 0{,}286$

— $= 1{,}75$ — $=$ — $\times 0{,}257$

— $= 2{,}00$ — $=$ — $\times 0{,}232$

Ces différences décroissent à mesure que le rayon augmente ; il n'en est pas de même des distances circulaires entre les traces ; celles-ci seront

$$(16)\quad D = \omega_o r_o \left(K - \frac{1}{K - \sqrt{K^2 - 1}}\right) = \sqrt{V_{p_o}(V_m + V_{p_o})} \cdot \frac{\omega_o}{\pi n}\left(K - \frac{1}{K - \sqrt{K^2 - 1}}\right)$$

On obtient, pour diverses valeurs de K,

Pour $K = 1$ $\quad D = 0$

— $= 1{,}25$ — $= -0{,}75 . \sqrt{V_{p_o}(V_m + V_{p_o})} \cdot \frac{\omega_o}{\pi n}$ $\quad d = 0{,}75 . \sqrt{V_{p_o}(V_m + V_{p_o})} \cdot \frac{\omega_o}{\pi n}$

— $= 1{,}5$ — $= -1{,}13$. — — $\quad$ — $= 0{,}38$. — —

— $= 1{,}75$ — $= -1{,}44$. — — $\quad$ — $= 0{,}31$. — —

— $= 2$, — $= -1{,}73$. — — $\quad$ — $= 0{,}29$. — —

Le signe négatif des différences premières prouve que la trace de l'aube à propulsion égale est plus éloignée que l'autre de la projection de l'arête initiale, ce que l'épure et les données indiquaient. La décroissance des différences secondes d montre que la trace de l'aube à propulsion égale tourne sa concavité vers l'autre trace tout en s'en éloignant de plus en plus. En dessous de r_o il n'y a plus de différences puisque Δ est imaginaire ; la trace de l'aube à vitesse de propulsion égale s'arrête en ce point.

On pouvait prévoir que les différences posées dans le sens de la for-

mule (16) seraient négatives, car le dénominateur $K - \sqrt{K^2-1}$ est évidemment positif, et, d'après l'équation générale

$$K \mp \sqrt{K^2-1} = \frac{1}{K \pm \sqrt{K^2-1}},$$

la différence $K - \frac{1}{K-\sqrt{K^2-1}}$ égale $-\sqrt{K^2-1}$. — Le facteur variable de la formule (16) est l'ordonnée d'une hyperbole

$$y = -\sqrt{K^2-1}, \text{ puisque } K - \frac{1}{K-\sqrt{K^2-1}} = -\sqrt{K^2-1}.$$

En changeant le signe des radicaux, on obtient des différences positives ; c'est la 2e solution signalée par la figure, mauvaise parce qu'elle cause plus de résistance de rotation pour la même propulsion.

La différence des vitesses de propulsion des deux hélices, pour un même rayon, sera d'après la valeur (12') de V_{p_0}

$$\delta = \frac{K^2 V_{p_0}(2 V_{p_0} + V_m)}{V_m + V_{p_0}(1+K^2)} - V_{p_0} = \frac{V_{p_0}(V_m + V_{p_0})(K^2-1)}{V_m + V_{p_0}(K^2+1)}$$

Cette différence est la même que celle trouvée, dans l'aube à pas constant, entre les vitesses de propulsion aux rayons r_0 et r; on comprend, en effet, que : *La différence des vitesses de propulsion des aubes à pas constant et à vitesse de propulsion égale pour un même rayon, égale la différence des vitesses de propulsion dans l'aube à pas constant entre le rayon minimum et le rayon considéré.*

V. — AUBE A VITESSE DE PROPULSION ÉGALE EN TOUS POINTS, NORMALEMENT A SA SURFACE.

On peut se proposer bien des conditions auxquelles une aube serait astreinte ; il suffira d'indiquer les principales.

Dans le cas d'une propulsion égale normalement à l'aube, il faut

évidemment, comme pour la vitesse de propulsion égale dans le sens de la marche, choisir un point de départ; ce sera une section initiale quelconque, ou bien à utilisation maxima, définie par ses quantités r_0, V_{p_0} et α_0.

Si, par exemple, cette section initiale est $A C_1 A_1$ (fig. 1), toutes les vitesses de propulsion normales, égales à $A C_1$, seront déterminées par l'arc $C_1 N$ dont le centre est en A. Il faut en déduire, pour un point quelconque de rayon r, l'angle α et la vitesse de propulsion V_p, à laquelle il faut toujours revenir pour calculer l'effet utile.

Soit le point c, dont l'angle α est $C A_3 O$; $A C A_3$ étant rectangle en C, on a

$$(17)\quad \sin(A A_3 C) = \sin(\alpha - \alpha_m) = \frac{A C}{A A_3} = \frac{\dfrac{V_{p_0}}{\cos\alpha_0}}{\dfrac{2\pi r n}{\cos\alpha_m}} = \frac{V_{p_0}\cos\alpha_m}{2\pi r n \cos\alpha_0}$$

$\alpha_m = A A_3 O$ étant l'angle de marche de la section cherchée, et ayant $A C = A C_1$, par définition.

On a aussi, d'après la propriété générale de toutes les sections et par définition,

$$(17')\qquad \frac{V_{p_0}}{\cos\alpha_0} = \frac{V_p}{\cos\alpha}, \quad V_p = \frac{V_{p_0}\cos\alpha}{\cos\alpha_0}.$$

L'aube dont il s'agit est, à la fois « à vitesse de propulsion égale et à pression égale normalement à sa surface. » Cette pression est la pression réciproque de l'eau et de l'aube, résultant de la vitesse de propulsion. On verra que cette aube est la seule pour laquelle la pression et la vitesse de propulsion puissent rester à la fois constantes.

Cette aube est notablement plus puissante que celle à vitesse de propulsion égale dans le sens de la marche, comme le montre la figure.

Bien que cette aube causât probablement moins de tumulte dans l'eau qu'une autre, elle en produirait encore parce que les vitesses absolues de l'eau, quoique égales entre elles, ont des directions divergentes. La pratique permettra de juger selon les cas quelle peut être l'importance d'amoindrir les remous.

VI. — AUBE A PRESSION ÉGALE, DANS LE SENS DE LA MARCHE, EN TOUT POINT DE SA SURFACE.

La formule (1) s'appliquant aux pressions et vitesses normales aux surfaces, convient à la pression de l'eau normalement à l'aube; mais les projections, parallèlement à l'axe par exemple, ne sont plus dans le même rapport.

Ainsi, si l'on cherche la pression de propulsion p parallèle à l'axe en un point dont la vitesse de propulsion est V_p et p_n la pression normale à l'aube, on posera, d'après l'expression (1),

$$\frac{13^k}{10^2} = \frac{p_n}{\left(\frac{V_p}{\cos\alpha}\right)^2} \; ; p_n = \frac{13\,V_p^2}{100\cos^2\alpha}; \text{ et } p = p_n \cos\alpha = \frac{13\,V_p^2}{100\cos\alpha};$$

tandis que l'on aurait un résultat faux en posant $\frac{13}{100} = \frac{p}{V_p^2}$, ou telle autre expression qui ne reviendrait pas à la première. — Pour l'eau, on aurait $p = p_n \cos\alpha = \frac{13\,V_p^2}{100\cos\alpha} \cdot \frac{1000}{1,3} = 100\,\frac{V_p^2}{\cos\alpha}$.

Par suite si l'on prend pour base de l'aube à pression égale dans le sens de la marche dont il s'agit, une section initiale α_0 V_{p_0}, l'équation générale de condition sera

$$(18) \qquad 100\,\frac{V_p^2}{\cos\alpha} = 100\,\frac{V_{p_0}^2}{\cos\alpha_0}\;,\; V_p = V_{p_0}\sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_0}}.$$

Comme seconde équation pour déterminer α, si l'on ne découvre pas, comme dans le cas précédent, une expression plus commode, on serait réduit à l'équation (3); elle conduit à un calcul compliqué, parce que α ne s'y présente pas sous la même forme que dans l'expression précédente.

Aussi, on peut préférer obtenir le résultat par tâtonnement, ce qui est facile lorsqu'on a préparé l'aube à vitesse de propulsion égale. On s'en rendra compte par l'exemple donné plus loin. — Du reste, j'incline à penser que l'aube à vitesse de propulsion égale serait pratiquement meilleure que celle-ci, parce qu'elle imprimerait un peu moins de trouble à l'eau.

VII. — AUBE A RENDEMENT ÉGAL EN TOUS SES POINTS.

Nous parlerons plus loin du travail et du rendement des aubes. Disons dès maintenant que le rendement est le quotient du travail propulseur dans le sens de la marche, divisé par la somme de ce travail propulseur et du travail purement résistant causé par la rotation.

L'équation de condition, résultant de cette définition et de ce qui sera dit plus loin du travail, est

$$\frac{100\,\frac{V_p^2}{\cos\alpha}\,V_m}{100\frac{V_p^2}{\cos\alpha}V_m+100\frac{V_p^2}{\cos^2\alpha}2\pi rn\sin\alpha} = \frac{100\,\frac{V_{p_o}^2}{\cos\alpha_o}\,V_m}{100\frac{V_{p_o}^2}{\cos\alpha_o}V_m+100\frac{V_{p_o}^2}{\cos^2\alpha_o}2\pi r_o n\sin\alpha_o}$$

et en simplifiant,

$tg\,\alpha_o r_o = tg\,\alpha\, r$, $tg\,\alpha = tg\,\alpha_o \frac{r_o}{r}$, ce qui est la tangente de l'aube ordinaire à pas constant.

L'aube ordinaire à pas constant est donc aussi à rendement constant. On verra plus loin que ce rendement est médiocre, et que l'on peut obtenir un rendement très supérieur ; en sorte que l'égalité de rendement n'a pas d'avantage.

VIII. — AUBE A PROPULSION MINIMA ET A RENDEMENT MAXIMUM.

Il est naturel de penser à une telle aube lorsqu'on n'a pas besoin de dépasser une certaine vitesse de marche et que les conditions de l'hélice laissent beaucoup de marge, comme il est ordinaire.

Nous ne nous arrêterons pas à chercher les formules de cette aube, qui paraissent devoir être compliquées, parce qu'il est facile, et par suite préférable, de la construire par un léger tâtonnement, lorsqu'on a préparé l'aube à vitesse de propulsion égale. On le verra plus loin par un exemple.

Cet exemple montrera que, dans cette aube, le rendement croît avec le rayon et inversement à l'angle. On peut donc améliorer le rendement

empiriquement, soit en retranchant les moins bonnes parties de l'aube, soit en diminuant les angles à partir du plus grand rayon, dans la mesure que permet le travail nécessaire.

IX. — TRAVAIL MOTEUR D'UNE HÉLICE.

Nous ne considérerons dans tout ceci que le travail propre de l'hélice, indépendamment du moteur et de la résistance de la transmission.

Ce travail se compose de deux éléments distincts : 1° le *travail propulseur*, parallèle à la marche, correspondant à la résistance à la translation du bateau ou autre appareil propulsé ; 2° le *travail de rotation* proprement dit de l'hélice.

Nous regarderons comme évident, d'après ce qui précède et la définition du travail, que : 1° le travail propulseur est le produit de la pression de l'eau sur l'aube dans le sens de la marche, multipliée par la vitesse de translation V_m ; 2° le travail de rotation est la somme des produits obtenus en multipliant la pression de l'eau sur l'aube en chaque point normalement à l'axe, par le chemin circulaire $2\pi r\,n$ parcouru par le point en 1″.

La vitesse de propulsion V_p n'intervient pas directement dans le travail ; elle n'est, comme la rotation, que l'une des causes servant à entretenir p_n, laquelle intervient dans le travail. V_p et $V_p\,tg\,\alpha$ sont les deux projections du mouvement réel de la particule fluide, lequel cause la résistance p_n élément du travail. p_n est facteur du travail, mais nullement la vitesse correspondante de la particule. C'est donc par une appréciation fausse, à notre avis, que l'on a quelquefois regardé le travail propulseur comme proportionnel au cercle entier décrit par l'hélice. On en a conclu que le nombre des aubes importait peu, ce qui nous semble inadmissible. Si l'expérience a paru le confirmer, c'est que les essais ou évaluations étaient faits dans des conditions si incorrectes, que diverses causes d'erreur étaient réunies.

Les pressions, parallèle et normale à l'axe, dont nous parlons, n'étant que les projections de la pression réelle de l'eau qui est normale à l'aube, il s'ensuit que la surface à considérer dans le calcul des travaux est la surface même de l'aube, et non pas sa projection parallèlement ou normalement à l'axe.

Ainsi, s étant une partie d'aube assez petite pour que la pression de

l'eau sur elle soit regardée comme uniforme, α son angle, r son rayon moyen, et p_n la pression normale à cette surface par mètre carré, les travaux de cette surface seront :

$$p_n . s. \cos \alpha . V_m \qquad \text{et} \qquad p_n . s. \sin \alpha . 2\pi rn.$$

Ici et dans la suite nous laissons de côté, pour plus de simplicité, les coefficients de correction que l'expérience indiquera ; mais il est entendu que nos formules sont théoriques et comportent ces coefficients.

La formule géométrique exacte des travaux pour les trois aubes que nous avons précisées davantage parce qu'elles paraissent le plus utiles, est facile à poser, ne pouvant s'intégrer exactement, et longue à calculer approximativement. Par conséquent cette formule a peu d'intérêt et nous ne la donnerons pas. En pratique, puisqu'il faut de toute façon en venir à une approximation, il vaut beaucoup mieux calculer directement les travaux en prenant des zones circulaires d'aube assez étroites pour que la pression puisse être regardée comme sensiblement égale sur toute leur étendue.

Certains auteurs ont pensé que le travail de l'aube était égal, mais de sens contraire, à celui de l'eau poussée par l'aube. Il importe de remarquer que cette assimilation, vraisemblable à première vue, est tout à fait fausse. Les considérations précédentes, examinées de près, peuvent en convaincre. Mais on en trouve la preuve évidente en supposant que l'eau, devenant de plus en plus visqueuse ou lourde, finisse par résister comme un écrou fixe ; on reconnaît, dans ce cas, que le travail de l'eau tendrait vers zéro tandis que le travail de propulsion tendrait vers son maximum.

X. — RENDEMENT.

D'après la notion générale du rendement, nommant T_p et T_r les travaux de propulsion et de rotation, on aura comme expression générale du rendement R sur une zone circulaire mince z,

$$(19) \quad R = \frac{T_p}{T_p + T_r} = \frac{z . p_n . \cos \alpha . V_m}{z . p_n . \cos \alpha . V_m + z . p_n \sin \alpha . 2\pi rn} = \frac{\cos \alpha \, V_m}{\cos \alpha . V_m + \sin \alpha . 2\pi}$$

Cette expression montre que le rendement croit inversement à l'angle, et aussi inversement au rayon à moins que la décroissance de l'angle inversement au rayon ne soit assez rapide pour compenser ce second effet. Cela a lieu dans l'aube d'égale vitesse de propulsion.

Nous ne donnerons pas l'expression géométrique exacte du rendement dans les diverses aubes, pour la raison même qui nous a dispensés d'en formuler les travaux. En pratique, on calculerait le rendement moyen en faisant la somme des travaux partiels et les introduisant dans la formule précédente. On en verra l'exemple plus loin.

En appliquant la formule générale précédente à l'aube ordinaire à pas constant, on trouve, comme on l'a déjà vu, que son rendement est le même dans toutes les zones. En effet, nommant z la longueur d'une zone circulaire d'aube suffisamment étroite et h la distance des plans limites de l'aube, on a

$$(19') \quad \frac{\cos\alpha \cdot V_m}{\cos\alpha \cdot V_m + \sin\alpha \cdot 2\pi rn} = \frac{\frac{\omega_0 r}{z} \cdot V_m}{\frac{\omega_0 \cdot r}{z} \cdot V_m + \frac{h}{z} \cdot 2\pi rn} = \frac{\omega_0 V_m}{\omega_0 V_m + h\, 2\pi n};$$

expression de laquelle toutes les quantités variables ont disparu.

XI. — DISPOSITION DES AUBES.

1° *Arête initiale.* — Nous avons expliqué au début pourquoi l'on doit, selon nous, préférer l'arête initiale droite. Il convient néanmoins de remarquer que les constructions indiquées dans ce chapitre, et celles même du second, pourraient s'appliquer à partir d'une arête initiale quelconque, et quelles conserveraient leur valeur générale, sauf l'amoindrissement résultant de l'action centripète ou centrifuge dont nous avons montré l'inconvénient. Cet amoindrissement serait même évité par l'emploi de stries convenables dont il sera parlé.

2° *Partie inerte de l'aube, ou bras.* — On sait que les hélices ordinaires ont une action propulsive très faible près de l'axe, et que cette partie cause surtout des remous nuisibles. Il y a là un travail nécessairement perdu, parce qu'on ne peut éviter, avec la forme ordinaire en cette partie, que l'eau poussée par une aube n'aille heurter la précédente.

Nous croyons préférable, en général, de renoncer entièrement à utiliser pour la propulsion une certaine étendue d'aube à partir de l'axe, et de faire cette partie de forme telle qu'elle ne gêne aucunement la marche et ne joue plus que le rôle de bras.

Pour cela, il suffit de donner à la surface géométrique médiane de cette partie la forme d'une hélice ordinaire à pas constant, ayant pour angles les angles de marche, dont les tangentes ont pour expression

$$tg\,\alpha_m = \frac{V_m}{2\pi r n}.$$

On comprend qu'une telle surface géométrique traverserait l'eau sans lui imprimer ni en recevoir aucune pression. — Nous nommerons *aube inerte* ou *bras*, cette partie de l'aube, et *aube utile* la partie qui lui fera suite exerçant la propulsion.

La longueur du bras correspondra généralement à r_0 ; à son extrémité sera située la section initiale α_0, V_{p_0}, par laquelle débuteront ordinairement les aubes utiles.

En pratique, pour la solidité, l'aube inerte aura ses sections de forme lenticulaire allongée, forme conciliant la résistance nécessaire avec la facilité de translation dans l'eau. Cette aube inerte peut aussi être diversement épaissie, évidée ou échancrée, tout en conservant son inclinaison principale.

En général, il conviendra de faire le bras aussi long que possible. Toutes les indications de cette étude conseillent de faire l'hélice du plus grand diamètre que permettent le tirant d'eau et les autres conditions du navire. A partir de l'extrémité du rayon, on prendra la longueur nécessaire pour l'aube utile, et tout le reste jusqu'à l'axe, le plus possible, sera aube inerte... — Telle est l'indication principale pour la plupart des aubes. Toutefois, il faudra examiner soigneusement l'influence du rendement, si la question d'économie domine.

On peut se demander quel deviendra le rôle du bras inerte lorsque le navire ne marchera plus aux vitesses normales pour lesquelles le bras a été calculé.

Si les vitesses, de translation et de rotation, varient dans la même proportion, l'action du bras sur l'eau restera nulle.

Si ces vitesses varient différemment, le bras exercera une propulsion utile tant que la vitesse de rotation sera proportionnellement supé-

rieure à la vitesse de translation par comparaison à leur rapport primitif.

Si la vitesse de translation devient proportionnellement supérieure à l'autre, le bras exercera une action retardatrice. Mais ce second cas paraît devoir être très exceptionnel.

Quand l'hélice sera traînée folle par le navire, allant à la voile ou autrement, le bras résistera plus que le reste de l'aube; mais ce cas n'a pas grande importance.

L'ensemble de ces aperçus est tout à fait en faveur du bras inerte. Ce sera d'ailleurs au constructeur à mettre en balance les éventualités prévues d'un navire proposé et à choisir en conséquence. Il semble qu'une forme de bras, non pas trop théorique, mais convenablement épaissie, évidée ou échancrée, conviendra le plus souvent.

3° *Nombre des aubes.* — Ce nombre dépend de diverses conditions.

La puissance, ou pression propulsive, étant proportionnelle à la surface utile des aubes, il faut mettre le plus d'aubes possible, si l'on cherche à atteindre le plus possible de puissance. Mais le nombre et l'étendue des aubes doivent être limités par cette double condition, que les aubes ne se gênent pas entre elles et que l'eau circule entre elles assez facilement.

Pour qu'une aube ne gêne pas l'action propulsive de la suivante, il nous paraît suffisant d'admettre, comme limite inférieure de l'écartement, que les normales à la surface d'une aube le long de l'arête initiale ne rencontrent pas l'aube précédente.

Faut-il s'imposer aussi que les normales à l'aube ne rencontrent pas le courant entraîné à l'arrière de l'aube précédente? Si ce courant est normal à l'aube, la condition précédente suffit. Mais si, comme il paraît probable, le courant d'eau entraînée est parallèle à l'angle de marche, ou d'une direction intermédiaire entre celle-ci et les normales, nul espacement ne suffira théoriquement pour que ce courant ne soit pas rencontré par les normales à l'aube suivante... Il serait pratiquement assez, à notre avis, que les normales ne rencontrassent pas l'espace où des arrachements d'eau et des vides se produisent encore; cet espace doit être peu étendu; en sorte que un espacement un peu plus grand que celui résultant de la première règle conviendrait probablement.

Pour que le « débit » entre les aubes reste suffisant, il faut tenir compte à la fois de leur épaisseur et de leur angle.

Ainsi, R étant le plus grand rayon de l'hélice, la quantité d'eau à débiter au travers par 1″ est sensiblement $\pi R^2 V_m$. Pour tenir compte des obstacles, le débit des aubes doit rester notablement supérieur à ce cube ; il a environ pour expression

$$(20) \qquad \int_{r_0 \alpha_0}^{RA} \frac{2\pi r n}{\cos \alpha} d ;$$

d, variable, étant la plus petite distance normale entre les aubes dans chaque zone, r_0 et α_0 correspondant ici au point où l'aube est franchement dégagée du moyeu. En pratique, ce cube pourra s'évaluer approximativement, sans intégration.

S'il y a des « couronnes, » dont nous parlerons, on en tiendra également compte.

L'expérience des navires a paru conseiller des aubes très rares, deux, trois, quatre au plus, alors même qu'elles étaient très étroites. Cette distance a été adoptée parce qu'on a reconnu qu'un plus grand nombre d'aubes n'augmentait pas la propulsion. Nous pensons que des aubes mieux étudiées pourraient être rapprochées davantage, comme nous venons de le dire, et qu'une aussi grande distance n'est pas nécessaire pour laisser l'action de chaque aube suffisamment indépendante. Les résultats observés peuvent tenir, soit à la forme des aubes, parfois remarquablement mauvaise théoriquement, soit à ce que l'aube active était prolongée jusqu'au moyeu. Il doit en résulter, près du moyeu, un tumulte violent, qui n'a peut-être même pas pour compensation une propulsion insignifiante, et absorbe inutilement un grand effort, lequel augmente rapidement avec le nombre des aubes. On a donc reconnu l'utilité d'avoir moins d'aubes, sans discerner toutes les causes du mal ni le meilleur moyen d'y remédier.

4° *Couronnes.* — Les considérations précédentes suggèrent, pour accroître la puissance au moyen du nombre d'aubes, de diminuer autant que possible le nombre des bras, trois ou quatre au plus, et de placer un nombre plus grand d'aubes utiles sur une couronne, qui serait schématiquement un tronçon de cylindre concentrique à l'aube ; les bras reliant le moyeu à la couronne.

La section d'une couronne selon une génératrice, c'est-à-dire paral-

lèlement à l'axe, sera lenticulaire ou demi-lenticulaire, le plus effilée possible afin d'offrir moins de résistance au passage dans l'eau. Cette résistance sera peu importante comparativement à celle du reste de l'aube, parce que, dans tous les cas, la couronne traversera l'eau dans la direction du grand axe de sa section lenticulaire.

5° *Poupes.* — Nous inclinons à penser que « l'arrachement » d'eau produit à l'arrière de l'aube est utile à la propulsion, parce qu'il cause à l'arrière de l'aube une traction de même sens que la pression à l'avant.

Toutefois, si on voulait supprimer ou atténuer notablement cet effet, on y parviendrait en armant l'arrière de l'aube d'un développement en forme de poupe, dont les surfaces de départ suivant les arêtes initiale et finale seraient dirigées selon l'angle de marche.

Peut-être vaudrait-il mieux que ces surfaces de départ fussent d'abord évasées sur une plus grande largeur que celle des aubes afin d'accompagner la forme des remous.

Dans ce cas, la distance des aubes se mesurerait depuis l'extrémité d'une poupe jusqu'à l'aube suivante, et la question du « débit » prendrait une importance particulière.

Dans les hélices à eau, auxquelles seules cette construction peut s'appliquer, on annulerait presque complètement le surpoids de cette poupe en la faisant creuse et hermétiquement close.

6° *Zones de raccord.* — Toutes les aubes dont il a été question abordent l'eau avec choc, ce qui peut causer une perte de travail et un ébranlement... Pour que l'aube abordât l'eau sans choc, il faudrait qu'elle le fît selon l'angle de marche; pour cela il suffirait de faire précéder l'aube utile d'une bande parallèle à l'arête initiale, s'y raccordant tangentiellement à l'aube, et terminée de l'autre côté selon l'angle de marche. Cette bande, dont la surface serait d'apparence un peu conique, devrait être très étroite, pour ne pas trop affaiblir l'action de l'aube ; car il est évident que l'entraînement graduel ainsi donné à l'eau affaiblirait sa résistance utile dont le choc est peut-être un élément à conserver... Ne perdrait-on pas en force, par accroissement de poids et de largeur de l'aube, plus que l'on ne gagnerait en douceur? Aussi donnons-nous cette indication sous toutes réserves, et surtout pour en signaler les côtés dangereux.

Quant à une zone *postérieure.* qui s'infléchirait de façon à laisser

l'eau diminuer de vitesse sur l'aube et la quitter plus ou moins tranquille, nous n'y verrions aucun avantage... L'action essentielle de l'hélice consiste à imprimer à l'eau une vitesse réelle pour qu'elle résiste... Dès que l'eau ne sert plus ainsi, mieux vaut l'abandonner tout à fait : l'aube et l'eau se quittent alors, animées de vitesses réelles de directions différentes et presque contraires, et sans plus exercer l'une sur l'autre la moindre action... L'eau à peine quittée, même dans sa plus grande vitesse, n'est plus rien à l'aube. — Ceci doit s'entendre au point de vue pratique, mais non pas rigoureusement au point de vue théorique d'actions assez faibles pour n'avoir guère qu'un intérêt de curiosité.

7° *Zone finale flexible.* — Il convient de mentionner une disposition des aubes, qui n'appartient plus à l'hélice proprement dite et ne semble pas devoir s'appliquer aux aubes à eau, mais qui aurait peut-être assez d'avantage pour qu'il fallût l'essayer dans une étude de construction aéronautique. Ce serait d'ajouter à l'aube une zone finale flexible comme l'extrémité des plumes ou le tour des ailes.

La partie flexible ayant ses normales plus rapprochées de la direction de marche lors de la flexion qu'au repos, pourrait donner ainsi une meilleure propulsion. Cet effet va croissant vers le bord. Il semble que les ailes d'oiseaux propulsent surtout par cette flexion de leur frange. Chez les insectes, l'action de l'aile ne paraît due généralement qu'à sa flexion seule, c'est-à-dire que le plan de l'aile battante reste normal au battement, ce qui n'a pas lieu chez l'oiseau, à cause de l'action aviatrice que l'aile doit en outre exercer.

On pourrait examiner aussi la construction d'aubes progressivement flexibles à partir d'une certaine zone initiale, dirigée selon un certain angle, probablement égal, au moins, à celui de l'aube rigide.

8° *Aube striée.* — Ce que nous avons dit de l'avantage d'une génératrice droite dirigée selon le rayon géométrique ne s'accorde pas entièrement avec les formes suggérées par ce chapitre; l'aube ordinaire à pas constant est seule à avoir une pareille génératrice, et elle a d'ailleurs des conditions de grande infériorité.

Un moyen de tout concilier serait de donner à la surface de l'aube utile, conservée toujours très lisse, une disposition striée... Ces stries seraient comme de petites marches formées, d'un côté par un triangle

effilé de cylindre à peu près concentrique[1], de l'autre par une zone d'hélicoïde à pas constant dirigée selon l'angle convenable ; l'arête finale serait une ligne en zigzag formée de petites parties de rayons et de petits tronçons de génératrices de cylindres, et les stries iraient toutes mourir sur l'arête initiale droite.

On jugera, en pratique, si l'on croit cette disposition préférable ou s'il suffit, au moins parfois, de s'en tenir à la surface uniforme. Cela doit varier selon les cas. Nous en dirons quelques mots dans l'exemple du troisième chapitre.

Au moyen de semblables stries, une aube d'ailleurs incorrecte pourrait devenir bonne. Ainsi, une aube telle que celle de lord Dundonald, ayant une génératrice courbe dans le plan de l'axe, pourrait avoir des stries directrices conformes à nos calculs. La génératrice courbe dans le plan d'axe, toujours inutile[2] à notre avis, n'aurait du moins plus d'inconvénient. En somme, les directrices convenables peuvent s'appliquer sur une arête initiale quelconque, moyennant une disposition qui sauvegarde leur action individuelle.

Action centrifuge de l'hélice. — Nous avons parlé, au début, de l'action dite centrifuge des hélices, d'où résulte derrière le navire un cône tronqué d'eau agitée ayant pour petite base le cercle de l'hélice. Des auteurs ont pensé que cette action centrifuge était un défaut, et qu'une hélice parfaite ne déterminerait derrière elle qu'un *cylindre* d'eau agitée ayant son cercle pour base. A nos yeux, comme nous l'avons dit, l'effet centrifuge que l'on observe est inséparable de l'hélice, et n'est pas autre que le résultat de l'ensemble des propulsions *normales* à la surface de l'aube dans toutes ses positions successives. Ici, comme ailleurs, la force centrifuge n'est qu'une force apparente, la force réelle étant tangentielle.

On pourra remarquer, il est vrai, que les hélices formeront un cône d'eau agitée d'autant moins divergent que leur rendement sera meilleur ; mais cela tient seulement à ce que le rendement croît, comme on l'a vu, inversement à l'angle.

Recul positif et négatif. — On nomme recul positif d'une hélice la

1. Sauf la petite excentricité calculée au deuxième chapitre.
2. Quant à l'hélice prise isolément, et sauf la réserve déjà faite à l'égard des courants le long du navire.

différence entre la vitesse de marche et celle que causerait l'hélice si elle tournait dans un écrou solide; ce cas étant regardé comme la limite idéale de l'action de l'hélice.

L'analyse des mouvements, que nous avons donnée au début, montre qu'il y a une différence radicale entre les actions théoriques de la vis et de l'hélice propulsive, et qu'on ne saurait les assimiler. Si l'hélice tournait comme dans un écrou solide, c'est que V_m serait devenu suffisant pour que les angles de l'aube fussent des angles de marche, alors la propulsion serait rigoureusement nulle. « L'écrou solide » implique un milieu solide; dans un milieu fluide, il ne peut y avoir de propulsion que si V_p est réel. V_p est le recul théorique, qui ne peut ni ne doit disparaître. L'avancement dans un écrou solide serait le pas, $2(V_m + V_{p_0})$ à la 1″, dans les aubes à pas constant.

Il arrive assez souvent que le recul devient faible, moindre probablement que nos formules ne l'indiqueraient. Il arrive même que le recul devient *négatif*, c'est-à-dire que l'hélice avance plus que si elle tournait dans un écrou solide!... Les expérimentateurs eux-mêmes (amiral Pâris, *Traité de l'hélice propulsive*, 52 et suiv.), en admettant ces observations pour certaines, leur attribuent des causes qui laissent intactes nos déductions : ils pensent que l'entraînement de l'eau par le frottement du navire et le gonflement de l'eau au-dessus de l'hélice, causent un courant surtout superficiel, plus ou moins rapide, poursuivant le navire et aidant l'action de l'hélice. — Nous pensons que les formules ne doivent pas être établies pour les conditions d'expériences dans lesquelles il est admis que les indications de vitesse sont inexactes; qu'il convient, comme nous l'avons fait, de baser les formules sur des hypothèses ou données précises; et que les perturbations diverses, que l'on ne peut pas circonscrire ni prévoir exactement, ne doivent intervenir que sous la forme de coefficients empiriques de correction des formules... Du reste V_m est essentiellement relative, c'est la vitesse du bateau relativement à l'eau ambiante; si donc cette eau, par une cause quelconque, a une vitesse propre, on prendra V_m en conséquence, et les formules resteront les mêmes.

Mise en marche. — On a vu, par les remarques de l'article I, que, pour une même rotation, la propulsion croît inversement à V_m. Il en résulte que la mise en marche ne peut pas présenter d'obstacle, puisque

l'hélice developpe alors un surcroît de puissance qui amène progressivement le bateau à sa vitesse normale.

CHAPITRE II

RECHERCHE D'UNE AUBE A PAS VARIABLE.

Étant donnée une arête initiale, non pas purement géométrique mais de largeur suffisante pour agir, déterminée par la méthode du 1er chapitre, c'est-à-dire présentant une suite d'angles initiaux calculés pour un effet voulu, nous nous proposons de trouver la forme de l'aube, à la suite de l'arête initiale, propre à continuer cet effet[1], c'est-à-dire à maintenir égale sur chaque trajectoire la pression dans le sens de la marche qui engendre le travail utile de propulsion, la particule fluide étant ici supposée capable d'accélération.

Cette forme sera trouvée, si l'on détermine la trajectoire de chaque particule fluide dans les conditions de ce chapitre; car la surface de l'aube résulte de l'ensemble des trajectoires des particules fluides.

Nous ferons cette recherche pour une seule trajectoire, toutes les autres se déterminant exactement de même.

Nous admettrons que la particule fluide, tout en s'accélérant, continue à agir par une résistance propre et non par le concours de toutes les particules voisines; cette simplification (nous l'avons remarqué au début), nécessaire à la présente analyse, ne fausse pas gravement le phénomène et donne des résultats forcés dans le sens utile.

N'ayant affaire qu'à une trajectoire, nous nommerons α_0, r_0, V_p, les éléments au point de départ sur l'arête initiale; α et r seront les éléments variables dans la suite de la trajectoire en conséquence de l'accélération de la particule qui la décrit.

L'angle de l'aube en un point sera déterminé par deux plans contenant ce point, l'un normal à l'axe, l'autre contenant le rayon en ce point et l'élément infinitésimal de la trajectoire.

La trajectoire n'est pas une ligne purement géométrique, mais de

1. Parmi les conditions diverses que l'on pourrait poser, celle-ci nous paraît la plus naturelle; nous n'en considérerons pas d'autre.

largeur suffisante pour agir et dirigée selon les rayons, comme il a été dit au 1er chapitre.

On a vu au 1er chapitre (article V) que la vitesse et la pression de la particule ne restaient constantes à la fois que normalement à l'aube ; or, la condition adoptée tout à l'heure étant que la pression de propulsion restera constante sur la trajectoire, il s'ensuit que la vitesse de propulsion y variera. Comme il revient au même que cette vitesse varie entre des trajectoires d'angles constants, comme au 1er chapitre, ou sur une même trajectoire d'angle variable, comme ici, puisque la condition de l'article VI est établie d'une manière générale, on aura encore la formule (18) pour expression de la vitesse de propulsion variable le long de la trajectoire, soit :

$$V'_p = V_p \sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_0}}; \tag{21}$$

et par suite,

$$V'_{p_n} = \frac{V_p}{\cos\alpha}\sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_0}} = \frac{V_p}{\sqrt{\cos\alpha\cos\alpha_0}}. \tag{22}$$

Nous prendrons pour coordonnées : un plan normal à l'axe passant par l'arête initiale, contenant les ouvertures angulaires ω décrites par l'aube ; des normales z à ce plan, parallèles à l'axe ; des rayons r, qui seront des droites parallèles au plan des ω et coupant l'axe.

Afin de simplifier l'introduction du temps dans le calcul, nous le représenterons en fonction du mouvement angulaire de l'aube ω, qui est uniforme, en posant $t = K\omega$, ω étant l'angle décrit dans le temps t. Or on a évidemment :

$$\frac{t}{\omega} = \frac{K\omega}{\omega} = \frac{1''}{2\pi n}; \text{ d'où } K = \frac{1}{2\pi n},\ t = \frac{\omega}{2\pi n}.$$

Les temps, comme les ω, seront comptés à partir du moment où la particule fluide, qui décrit la trajectoire, rencontre l'arête initiale.

Les variables du problème ne pouvant, comme on le verra, être séparées complètement, il nous a paru que la marche la plus simple, sinon la seule praticable, était de considérer les mouvements élémentaires du second ordre. Cette méthode a été présentée dans les Mémoires de la Société des Ingénieurs civils (*Remarques sur l'effet d'une force*,

août 1884) ; il est nécessaire de s'en souvenir pour poursuivre ce chapitre.

Voici la suite des déductions qui basent les raisonnements de ce chapitre.

L'eau ne résiste à l'aube, et par conséquent ne propulse, que par la partie de la vitesse à elle imprimée qu'elle n'a pas encore acquise. A mesure que l'eau acquiert de la vitesse propre, la propulsion diminue d'autant, et c'est précisément cette perte de vitesse qu'il faut rétablir pour conserver la propulsion égale.

Cette partie de vitesse imprimée, qui est acquise, correspond à l'accélération due à une force constante, car l'action de l'angle constant est naturellement telle, et nous nous proposons précisément de la maintenir toujours la même. Par conséquent, le relèvement de l'aube, devant accompagner la particule d'eau pour maintenir la propulsion, sera précisément celui correspondant à l'accélération due à une force constante.

La vitesse élémentaire due à une force constante, désignée par j dans la formule usuelle, est ici V_p, puisque V_p est la vitesse de propulsion de l'angle initial, qui est facteur des impulsions acquises et doit l'être par conséquent des impulsions à restituer.

I. — RECHERCHE DE L'ORDONNÉE z PARALLÈLE A L'AXE.

L'ordonnée z étant mesurée à partir du plan normal à l'axe qui contient l'arête initiale, devra tenir compte de la translation de l'aube. Après un temps $t = K\Omega$, correspondant à un mouvement angulaire Ω, le déplacement, tant apparent que réel, de la particule suivant les z, sera $V_m t$, plus $V_p t$, plus un terme correspondant à l'accélération de la particule relativement à l'angle initial. Posons d'abord l'expression de z cherché pour l'expliquer ensuite :

$$z = V_m K\Omega + V_p K\Omega + \int_{0\,\alpha_0}^{\Omega\,A} \int_{0\,\alpha_0}^{\omega_1\,\alpha_1} V_p \sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_0}}\, K^2 d\omega^2.$$

Le premier terme se comprend de lui-même.

Dans le second terme, V_p reste constant, bien que le rayon et l'angle

varient dans la partie de la trajectoire considérée, parce que ce terme représente le mouvement du 1er chapitre auquel l'accélération ne fait que s'ajouter. — Le mouvement réel $V_p K \omega$ suffisait à la propulsion lorsqu'il n'y avait pas d'accélération; lorsqu'il y a accélération, l'action propulsive s'amoindrit d'autant; par conséquent cette action sera maintenue ce qu'elle doit être si le parcours réel de la particule égale la somme de $V_p K \omega$ et de l'accélération.

Le troisième terme est l'intégrale des mouvements élémentaires $V'_p dt^2$, projections des impulsions de la pression normale variable et de leurs répétitions par suite de l'inertie. Si l'impulsion projetée dans le sens des z était constante, l'expression sous l'intégrale serait $V_p K^2 d\omega^2$, analogue à $j dt^2$.

L'expression développée de z est donc :

$$(23)\quad z = \frac{V_m}{2\pi n}\Omega + \frac{V_p}{2\pi n}\Omega + \int_{0\,\alpha_0}^{\Omega\,A}\int_{0\,\alpha_0}^{\omega_1\,\alpha_1} V_p \sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_0}}\,\frac{1}{4\pi^2 n^2}\cdot d\omega^2.$$

Généralement, ce troisième terme et autres semblables ne peuvent pas s'intégrer exactement. Pour éviter l'intégration double approximative, qui est très longue, il conviendrait d'employer la formule modifiée qui en dispense (J. A. Serret, II, 693); elle est tout à fait générale pour ce cas.

Nous reviendrons à l'expression de z ; on verra qu'elle peut souvent se simplifier en la suivante, immédiatement calculable,

$$(23')\qquad z = \frac{V_m}{2\pi n}\Omega + \frac{V_p}{2\pi n}\Omega + \frac{1}{2}\,c\,V_p\,\frac{1}{4\pi^2 n^2}\Omega^2,$$

dans laquelle c est une constante convenablement choisie. — On verra plus loin que le troisième terme de z suffit en pratique pour déterminer convenablement α.

II. — VARIATION DE L'ANGLE α.

Pour chercher α, nous considérerons un élément de trajectoire correspondant à un mouvement angulaire infiniment petit $d\omega$, et déterminé par son angle et son rayon α et r, (fig. 2).

Pendant que l'aube décrit $A'O = r\,d\omega$ en avançant de $AO = V_m K d\omega$, la particule fluide s'avance, non plus normalement à l'élément d'aube en AC, comme au 1er chapitre, mais obliquement en AB', par suite du mouvement normal DA, composé d'une impulsion nouvelle

$$\frac{V_p}{\sqrt{\cos\alpha \cos\alpha_0}} K^2 d\omega^2,$$

qui ne peut pas se voir sur la figure, et d'un entraînement sans vitesse acquise BA, de même direction, et de la résultante DB', résultante des projections sur le plan de la figure de toutes les impulsions antérieures, une seule de chaque[1]. — Tous ces effets ont lieu simultanément.

Bien que l'on ne connaisse pas l'obliquité de B'A, on peut trouver α, au moins approximativement, par les considérations suivantes.

On remarque d'abord que B'I n'est autre que la différentielle de z tirée de l'expression (23).

$A'I = r\,d\omega - IO$. La composante AD, étant un entraînement sans vitesse acquise (sauf un infiniment petit), est normale à A'B', c'est la projection de DD', différentielle du second terme de z ci-dessus, en sorte que sa projection AD' a pour expression $V_p K\,d\omega\,tg\,\alpha$.

Pour exprimer D'H, reste de OI, c'est-à-dire la projection de DB', il faut remarquer que la suite d'impulsions originelles, dont les projections parallèles à l'axe forment le troisième terme de dz, ont été exercées en des points divers du mouvement, faisant chacun avec le plan de la figure un angle variable $(\gamma_1 - \gamma)$; en nommant γ_1 l'angle de déplacement réel de la molécule correspondant à la figure (2), et γ la valeur variable de cet angle; γ est mesuré à partir de la position initiale de de l'arête initiale.

Ces considérations conduisent immédiatement à poser la formule suivante de la tangente de α_1, valeur particulière cherchée de α :

$$tg\,\alpha_1 = \frac{V_m K d\omega + V_p K d\omega + \int_{o\alpha_0}^{\omega_1 \alpha_1} V_p \sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_0}} K^2 d\omega^2}{r\,d\omega - V_p K d\omega\,tg\,\alpha_1 - \int_{o\alpha_0}^{\omega_1 \alpha_1} V_p \sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_0}}\,tg\,\alpha \cdot \cos(\gamma_1 - \gamma) K^2 d\omega^2}$$

1. Si l'on considérait un mouvement fini, quelque petit qu'il fût, il y aurait une intégrale double de mouvements élémentaires, ce qui compliquerait beaucoup; pour un mouvement $d\omega$, il n'y a que l'intégrale simple.

Supprimant partout $d\omega$, facteur commun, et remplaçant K par sa valeur, il vient :

$$(24)\quad tg\,\alpha_1 = \frac{\dfrac{V_m}{2\pi n} + \dfrac{V_p}{2\pi n} + \displaystyle\int_{o\alpha_o}^{\omega_1\,\alpha_1} V_p \sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_o}}\,\frac{1}{4\pi^2 n^2}\,d\omega}{r - \dfrac{V_p}{2\pi n}\,tg\,\alpha_1 - \displaystyle\int_{o\alpha_o}^{\omega_1\,\alpha_1} V_p \sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_o}}\,tg\,\alpha\,.\cos(\gamma_1-\gamma)\,\frac{d\,\omega.}{4\pi^2 n^2}}.$$

L'expression précédente ne peut être calculée que par approximations successives, parce qu'elle contient réunies deux qualités α et ω dont la relation est précisément cherchée; de plus r est variable. Mais cette expression se simplifie dans certains cas, comme on va le voir.

Notons d'abord que si l'on peut, dans certains cas sur lesquels nous reviendrons, poser :

$$\sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_o}} = c, \qquad \cos(\gamma_1-\gamma) = c',$$

(c et c' étant des constantes bien choisies), et que l'on remplace α et r variables par α_1 et r_o, la formule (24) devient :

$$(24')\qquad tg\,\alpha_1 = \frac{\dfrac{V_m}{2\pi n} + \dfrac{V_p}{2\pi n} + c\,\dfrac{V_p\,\omega_1}{4\pi^2 n^2}}{r_o - \dfrac{V_p}{2\pi n}\,tg\,\alpha_1 - c\,c'\,\dfrac{V_p\,\omega_1}{4\pi^2 n^2}\,tg\,\alpha_1};$$

formule qui, indépendamment des constantes $c\,c'$ à déterminer, donne α_1 *fort*. On en tire :

$$(24'')\qquad tg\,\alpha_1 = \frac{\pi r_o n}{V_p\left(1 + c\,c'\,\dfrac{\omega_1}{2\pi n}\right)} \pm$$

$$\sqrt{\left(\frac{\pi\,r_o\,n}{V_p\left(1 + c\,c'\,\dfrac{\omega_1}{2\pi n}\right)}\right)^2 - \frac{V_m}{V_p\left(1 + c\,c'\,\dfrac{\omega_1}{2\pi n}\right)} - \frac{V_p + c\,V_p\,\dfrac{\omega_1}{2\pi n}}{V_p\left(1 + c\,c'\,\dfrac{\omega_1}{2\pi n}\right)}}$$

$$(24''')\qquad \omega_1 = \frac{2\pi n}{V_p(c + c\,c'\,tg^2\,\alpha_1)}\left[2\pi r_o n\,tg\,\alpha_1 - V_p\,tg^2\,\alpha_1 - V_m - V_p\right].$$

On remarque de plus que le groupe des impulsions élémentaires différentes, dont D B′ est la résultante, disposées successivement en polygone dans l'ordre de leur apparition, forment une courbe hélicoïde[1] partant de D pour aboutir en B′ ; son pas, variable par suite de la variabilité de α et des éléments de la courbe, correspond à $\gamma = 360°$; son rayon, variable par les mêmes raisons, est tel que la circonférence décrite avec lui[2] est égale en longueur à la somme des projections, sur le plan des ωr, des éléments de cette hélicoïde ; l'axe de cette hélicoïde est parallèle à V_m, et les éléments ont pour valeur

$$\frac{V_p}{\sqrt{\cos\alpha \cos\alpha_0}} K^2 d\omega^2.$$

Il résulte de là que le troisième terme du dénominateur de l'expression (24) disparaît pour toutes les valeurs de α correspondant à γ multiple de π, soit $\gamma = 180°$, 360°, 540°, 720° etc. La résultante D B′ (fig. 2), normale à A′O dans tous ces cas, oscille autour de cette position pour toutes les valeurs intermédiaires de α. On a exactement dans ces cas,

$$(25) \qquad tg\,\alpha_1 = \frac{\dfrac{V_m}{2\pi n} + \dfrac{V_p}{2\pi n} + \displaystyle\int_{0\alpha_0}^{\omega_1 \alpha_1} V_p \sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_0}} \frac{1}{4\pi^2 n^2} d\omega}{r - \dfrac{V_p}{2\pi n} tg\,\alpha_1}.$$

Si, dans des cas que nous examinerons, on peut, avec une approximation suffisante, remplacer

$$\sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_0}}$$

1. Pour que le polygone des impulsions acquises, en un point, soit sensiblement une hélicoïde, il faut considérer seulement des épures ou expressions différentielles, comme la figure (2) et l'expression (24) ; toute épure ou expression finie donne un polygone des impulsions très notablement différent de l'hélicoïde, parce que les côtés du polygone sont alors des sommes de longueurs très diverses au lieu d'être des éléments à peu près pareils (v. fig. 16).

2. Cette circonférence n'est pas exactement fermée puisque le rayon varie un peu.

par une constante c convenablement choisie, et supposer r constant, l'expression précédente devient

$$(25') \qquad tg\,\alpha_1 = \frac{\frac{V_m}{2\pi n} + \frac{V_p}{2\pi n} + c\frac{V_p}{4\pi^2 n^2}\omega_1}{r_0 - \frac{V_p}{2\pi n}\,tg\,\alpha_1};$$

d'où

$$(25'') \qquad tg\,\alpha_1 = +\frac{\pi r_0 n}{V_p} \pm \sqrt{\left(\frac{\pi r_0 n}{V_p}\right)^2 - 1 - c\frac{\omega_1}{2\pi n}};$$

et aussi

$$(25''') \qquad c\,\omega_1 = 2\pi n\left[-tg^2\alpha_1 + \frac{2\pi r_0 n}{V_p}\,tg\,\alpha_1 - \frac{V_m}{V_p} - 1\right].$$

Les remarques suivantes permettront d'apprécier quand et comment on peut simplifier, ainsi que nous l'avons indiqué, les formules (23), (24) et (25).

1° Comme α va croissant à partir de α_0, le facteur

$$\sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_0}}$$

est fractionnaire pour toute valeur de α autre que α_0. De même $\cos(\gamma_1 - \gamma)$ est toujours fractionnaire, sauf le cas extrême où il serait égal à 1. Enfin r est toujours plus grand que r_0. Si donc, dans les expressions simplifiées des formules (23) à (25), on fait, selon le cas, $c = 1$, $c' = 1$ et $r = r_0$, on aura toujours des résultats *forts*. Si, d'ailleurs, ces résultats sont encore très petits, on en conclura *a fortiori* qu'ils sont bien réellement tels.

2° Dans les limites ordinaires, la variation de α est très petite. On peut le reconnaître d'abord au moyen du 3° terme de z qui correspond au relèvement de la directrice.

Si l'on prend, par exemple, des valeurs qui se rencontreront au 3° chapitre, en posant : $V_p = 2^m,181$; $V_m = 8$ mètres ; $n = 1,5$; $r_0 = 1^m,50$; et que l'on calcule z pour $\omega = 45° = 0^m,785$ et

$\omega' = 90° = 1^m,571$, on obtient, avec la formule (23'), en y faisant $c = 1$.

Pour 45°,

$$z = \frac{V_m \omega}{2\pi n} + \frac{V_p \omega}{2\pi n} + \frac{1}{2}\frac{V_p \omega^2}{4\pi^2 n^2}$$

$$= \frac{8.0,785}{9,42} + \frac{2,181.0,785}{9,42} + \frac{2,181.0,616225}{2.88,7364}$$

$$= 0^m,666622 + 0^m,18635 + 0^m,00775$$

$$= 0^m,86072.$$

Pour 90°,

$$z' = 1^m,333334 + 0^m,3727 + 0^m,031 = 1^m,737.$$

Pour $\omega = \frac{45°}{2}$, l'ordonnée serait

$$z = 0^m,3333 + 0^m,093175 + 0^m,00194 = 0^m,4284.$$

Ces valeurs, supérieures à la réalité, montrent que la courbure de l'aube est très faible, surtout dans les petits angles.

Ce troisième terme de z permet aussi de calculer la variation de α, car on a sensiblement pour les petites valeurs de $(\alpha - \alpha_0)$, en nommant x l'arc compris entre la directrice du premier chapitre et celle du second,

$$\frac{x}{\frac{1}{2} V_p K^2 \omega^2} = \cos \alpha_0, \quad x = \frac{V_p K^2 \omega^2 \cos \alpha_0}{2} = \frac{V_p \omega^2 \cos \alpha_0}{2.4\pi^2 n^2}.$$

Dans le cas de l'exemple précédent, pour $\omega = 45°$ et $\alpha_0 = 39°31'$, on a

$$x = 0^m,00775 \times (0,77144 = \cos 39°31) = 0^m,00597866;$$

Ce petit arc x est décrit par un rayon sensiblement égal à

$$\frac{z}{\sin \alpha_0} = \frac{0,860}{0,6363} = 1^m,35;$$

ce qui fait que x ramené à 1 mètre devient $0^m,00443$, correspondant environ à un quart de degré d'ouverture angulaire; la tangente fait donc à peu près *un demi-degré* avec la direction initiale. C'est ce que le troisième terme de z avait indiqué.

3° Puisqu'une valeur de ω assez grande, telle que 45°, correspond à une variation très petite de α (30′), on peut prévoir qu'une différence $\alpha - \alpha_0$ considérable, 20° par exemple, correspondrait à une très grande valeur de ω, de plusieurs tours d'hélice, c'est-à-dire à une aube imaginaire beaucoup plus étendue qu'on ne les fait. D'ailleurs, on reconnaîtra tout à l'heure que l'oscillation de D B′ (fig. 2), ou la projection D D″, reste toujours comparativement petite. Il en résulte que, dans les cas ordinaires, on peut évaluer la valeur de ω correspondant à l'angle maximum par la formule (25‴), qui se prête à une approximation plus sûre avec les fortes valeurs que la formule (24), et que l'on aura un résultat suffisamment exact même si γ n'est pas multiple exact de π. Cette déduction s'éclaircira par l'application suivante.

Voici, d'abord, l'exemple du calcul de ω correspondant à l'angle maximum, par la formule (25‴), avec les données et les éléments du cas déjà considéré

$$V_m = 8^m,00;\ V_p = 2^m,181;\ n = 1,5;\ r_0 = 1^m,5;\ \alpha_0 = 39°31';\ \alpha(max) = 59°45'.$$

$$2\pi n = 9,42 \qquad \frac{\pi r_0 n}{V_p} = 3,239 \qquad \left(\frac{\pi r_0 n}{V_p}\right)^2 = 10,491121$$

$$2\pi r_0 n = 14,13 \qquad \frac{1}{2\pi n} = 0,1061 \qquad tg\,(59°45) = 1,71473$$

$$\frac{V_m}{V_p} = 3^m,668 \qquad tg^4(59°45) = 2,9403$$

Ces éléments, introduits dans la formule 26″, donnent $c\,\omega_1 = 32^m,97$. Si $c = 1$, $\omega_1 = 32^m,97$, valeur faible correspondant à

$$\frac{32^m,97}{6,28} = 5,25 \textit{ tours}.$$

Il faudrait donc au moins 5,25 tours de l'hélice pour que la trajectoire considérée de l'aube atteignît l'angle maximum de 59°45′.

Si l'on prenait pour c la valeur moyenne approximative 0,90, on aurait

$$\omega_1 = 36^m,63\ldots \text{ correspondant à } \frac{36,63}{6,28} = 5,83 \textit{ tours}\ldots$$

Cette valeur, pour certaines raisons, nous semble moins approchée que

la précédente. En tout cas, il est préférable, pour les évaluations, de prendre les limites dont le sens d'erreur est connu.

La figure (3) représente, pour l'exemple précédent, la construction de la formule (24) et notamment l'application de la formule (25').

On y remarque que la verticale DB' de l'épure est bien égale à 0^m,809, valeur calculée de $\frac{V_p \omega_1}{4 \pi^2 n^2}$. Cela prouve que, du moins à la suite des simplifications introduites, la valeur maximum de α correspond sensiblement à une valeur de γ multiple exact de π, puisque le polygone des impulsions élémentaires se ferme sur une résultante verticale.

Voici maintenant l'évaluation de l'oscillation de DB', toujours pour le même exemple.

Pour la calculer, il faut avoir la valeur de γ correspondant à celle de ω_1 qui vient d'être obtenue[1]. Bien que nous n'ayons pas encore établi la formule de γ, ce qui précède suffit pour reconnaître que l'on a sensiblement

$$\gamma = \int_{o\,\alpha_0}^{\Omega,\,A} \frac{V_p K\, d\omega\, tg\,\alpha}{r} + \int_{o\,\alpha_0}^{\Omega\,A} \int_{o\,\alpha_0}^{\omega_1\,\alpha_1} \frac{V_p K^2 \sqrt{\frac{cos\,\alpha}{cos\,\alpha_0}}\, d\omega^2\, tg\,\alpha}{r},$$

et à peu près, comme valeur *forte*,

$$\gamma = \frac{V_p K \Omega\, tg\,\alpha_1}{r_0} + \frac{c.V_p K^2 \Omega^2\, tg\,\alpha_1}{2 r_0};$$

c remplaçant le radical, comme plus haut, $tg\,\alpha_1$ étant une valeur moyenne, et r_0 renplaçant r, qui varie très peu comme on le verra.

Cette formule, calculée pour $\Omega = 32{,}97$, $\alpha_1 = 49°38'$, valeur moyenne dont la tangente est 1,17638, et $c = 0{,}9$ qui convient sensiblement dans ce cas, avec

$$\frac{2{,}181}{1{,}5 \times 6{,}28 \times 1{,}5} = 0{,}154,$$

donne

$$\gamma = (0{,}154 \times 1{,}17638 \times 32{,}97 = 5{,}973) + 5{,}973 \times \frac{32{,}97}{18{,}84} \times 0{,}9 = 15^m{,}31.$$

1. En général, on peut évaluer l'oscillation directement en faisant $\gamma_1 = 90°$ dans le troisième terme du dénominateur de (24) et prenant ω_1 correspondant à l'aide de la valeur de γ ci-dessous égalée à 90°

$\frac{15,38}{6,28}$ égale 2,45, c'est-à-dire 2,5, sauf les erreurs d'une formule que nous savons être seulement approximative, puisque le résultat doit être un nombre entier de demi-tours. Ainsi $\gamma = 2,5$ *tours*.

Pour $\gamma = 2^t,5$, le pas de l'hélicoïde, dont la résultante verticale est $0^m,809$, est

$$\frac{0,809}{2,5} = 0^m,3236$$

et son rayon sera sensiblement :

au début, $$\frac{0,3236.\ tg\ \alpha_0}{6,28} = \frac{0,3236.\ 0,82483}{6,28} = 0^m,042 = r,$$

au sommet, $$\frac{0,3236.\ tg\ A}{6,28} = \frac{0,3236.\ 1,71473}{6,28} = 0,087 = R.$$

Cette hélicoïde est tracée sur la figure (3). Les parties vues correspondent au sens de mouvement de la figure (1). Nous avons construit sur cette épure α correspondant à $\gamma = 180°$. Pour trouver un angle sur l'épure à l'aide d'une ordonnée calculée, il faut un tâtonnement ; mieux vaut calculer l'angle par la formule et contrôler le résultat par l'épure.

On peut trouver, au moyen de l'hélicoïde ainsi tracée, l'inclinaison de la composante D B′ (fig. 2) pour un angle quelconque ; il suffit de construire au point D, correspondant à ce cas, une partie de l'hélicoïde tracée pour l'angle maximum ; son extrémité supérieure donnera le point B′. Cette hélicoïde est *toujours la même* pour une même directrice, sauf que la *partie* à employer dans l'épure varie, avec l'angle, en longueur et en position initiale.

Ces divers essais nous paraissent montrer que la formule (25′) permet, dans tous les cas, une évaluation suffisante de la valeur de ω correspondant à l'angle maximum, ou a de fortes variations de α ; cette formule ayant l'avantage d'un dénominateur plus exact que la formule (24′). On voit au moins comment on peut utiliser les formules sans les calculer exactement par approximations successives.

4° Pour les petites variations de α, qui sont celles de la pratique, il convient d'employer la formule (24), applicable à tous les cas, parce que, alors, les simplifications nécessaires sont plus exactes. Dans ce

cas, $c = 1$, sensiblement. On peut donner la même valeur à c' qui s'en éloigne peu.

Toutes ces simplifications rendent encore plus *forte* la valeur de α_1 (24').

Si l'on applique ces hypothèses à la formule (24'') pour $\omega = 45° = 0{,}785$, avec toutes les données prises plus haut pour exemple [1], il vient $tg\,\alpha_1 = 40°34'$, ce qui est environ 1° de variation avec α_0. En réalité, la variation de α est moindre, comme le troisième terme de z l'a montré. L'indication de la formule (23) paraît la plus approchée, puisqu'elle est moindre que celle-ci et encore forte.

Lorsqu'on veut essayer, d'après les indications précédentes, la variation de α pour une section d'aube donnée d'ouverture ω_0 et de hauteur h, il faut trouver ω correspondant à cette section. Pour cela, on tire directement de la figure (1), en nommant r le rayon de la section considérée et V_p sa vitesse propulsive :

$$\omega r = \omega_0 r + V_p K \omega \left(tg\,\alpha = \frac{(V_m + V_p) K \omega}{\omega_0 r} \right),$$

$$\omega r = \omega_0 r + \frac{(V_m + V_p) V_p K^2 \omega^2}{\omega_0 r};$$

d'où

$$\omega = + \frac{\omega_0 r^2 4 \pi^2 n^2}{2 (V_m + V_p) V_p} \pm \sqrt{\left(\frac{4 \pi^2 n^2 \omega_0 r^2}{2 (V_m + V_p) V_p} \right)^2 - \frac{\omega_0^2 r^2 4 \pi^2 n^2}{(V_m + V_p) V_p}}.$$

Si la section était à utilisation maxima, cette expression se réduirait à $\omega = 2\,\omega_0$, ce qui doit être.

Pour éviter V_p, il suffit de remarquer que

$$tg\,\alpha = \frac{h}{\omega_0 r} = \frac{(V_m + V_p) K \omega}{\omega_0 r}, \text{ d'où } h = (V_m + V_p) K \omega.$$

Il vient

$$\omega r = \omega_0 r + (h - V_m K \omega) \frac{h}{\omega_0 r};$$

d'où

$$\omega = \frac{\omega_0^2 r^2 + h^2}{\omega_0 r^2 + V_m K h} = \frac{\omega_0^2 r^2 + h^2}{\omega_0 r^2 + \frac{h V_m}{2 \pi n}}. \qquad (26)$$

1. $\frac{\omega}{2\pi n} = 0{,}0832885$; $\frac{1}{1{,}083885} = 0{,}9231$; $3{,}239 . 0{,}9231 = 2{,}9899209$
$(2{,}9899209)^2 = 8{,}939626988525681$; $3{,}668 . 0{,}9231 = 3{,}3859308$

Si l'on a une épure, on pourra, en général, obtenir ω suffisamment en le mesurant sur elle.

Nous résumerons ce qui précède après avoir examiné les variations de γ et de r.

III. — DÉTERMINATION DE L'ANGLE γ.

L'angle γ, dans le plan des ωr, est l'angle dont la particule s'est déplacée réellement depuis le début du mouvement jusqu'à l'instant considéré; c'est l'angle entre la position initiale de l'arête initiale et la position actuelle de la particule sur la trajectoire. Par conséquent, $\omega - \gamma$ est la mesure angulaire du retard de la particule relativement à l'arête initiale. Le centre de tous ces angles est toujours l'axe de rotation.

On comprend que $d\gamma$ est formé de deux éléments; un mouvement dû à l'accélération antérieure et par conséquent inutile à la propulsion, et un entraînement sans accélération augmenté d'une impulsion nouvelle. Ce second élément, essentiel à la propulsion, est considérable dans les aubes d'hélices propulsives. (Ce double mouvement a été étudié, au point de vue général, dans les *Remarques sur l'effet d'une force.*)

Si l'on rapproche les indications précédentes des généralités des *Remarques sur l'effet d'une force*, on arrive à poser aisément comme formule générale de $tg\,\gamma$

$$(27)\quad tg\,\Gamma = \frac{\displaystyle\int_{o\,\alpha_o}^{\Omega\,\Gamma\,A} V_p \frac{1}{2\pi n}\, tg\,\alpha\, d\omega \cos\gamma + \int_{o\,\alpha_o}^{\Omega\,\Gamma\,A}\int_{o\,\alpha_o}^{\omega_1\,\gamma_1\,\alpha_1} V_p \sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_o}} \frac{1}{4\pi^2 n^2} tg\,\alpha\, d\omega^2 \cos\gamma}{r_o - \displaystyle\int_{o\,\alpha_o}^{\Omega\,\Gamma\,A} V_p \frac{1}{2\pi n}\, tg\,\alpha\, d\omega \sin\gamma - \int_{o\,\alpha_o}^{\Gamma\,\Omega\,A}\int_{o\,\alpha_o}^{\omega_1\,\gamma_1\,\alpha_1} V_p \sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_o}} \frac{1}{4\pi^2 n^2} tg\,\alpha\, d\omega^2 \sin\gamma}$$

Γ est la valeur cherchée de γ correspondant à une valeur Ω donnée; $\omega_1\,\gamma_1$ sont les valeurs particulières en chaque point considérées comme limites des intégrales premières; ω, γ sont l'expression variable. Les projections sont faites sur la position initiale de l'arête initiale et sur une normale à cette arête partant de l'origine de la trajectoire. Les

intégrales simples représentent l'entraînement sans accélération, les intégrales doubles le mouvement acquis par la molécule ; le radical n'intervient pas dans les intégrales simples parce que celles-ci, comme on l'a vu au sujet de z, ne représentent que l'action de la vitesse initiale.

La figure (16) représente approximativement la génération de Γ pour le cas simple où il n'y a que les intégrales doubles et où l'impulsion est constante. Cette figure représente le mouvement dans le sens habituel des figures qui n'est pas celui de la figure (1). Pour voir la figure (16) dans le sens de la figure (1), il faudrait regarder la première par transparence, en plaçant le plus grand rayon en bas.

Si l'on connaît le rayon, ou sa formule approchée, il est plus simple de prendre le sinus ou le cosinus ; ainsi

$$(27') \quad R \sin\Gamma = \int_{0\,\alpha_0}^{\omega\,\Gamma\,A} V_p \frac{1}{2\pi n} tg\,\alpha\, d\omega \cos\gamma + \int_{0\,\alpha_0}^{\omega\,\Gamma\,A} \int_{0\,\alpha_0}^{\omega_1\gamma_1\alpha_1} V_p \sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_0}} \frac{1}{4\pi^2 n^2} tg\,\alpha\, d\omega^2 \cos\gamma.$$

Ce que nous avons dit pour α et ce que l'on verra pour r permettent souvent de simplifier cette formule en évaluant le radical et prenant, soit r_0 constant, soit une formule simplifiée de R.

Les formules (27) se développent dans le plan des ωr. On peut, comme nous l'avons déjà dit incidemment, déduire des figures (1 à 3), normales au plan des ωr, la formule suivante de γ

$$(28) \quad \Gamma = \int_{0\,r_0\,\alpha_0}^{\omega\,R\,A} \frac{1}{r} V_p \frac{1}{2\pi n} tg\,\alpha\, d\omega + \int_{0\,r_0\,\alpha_0}^{\omega\,R\,A} \int_{0\,r_0\,\alpha_0}^{\omega_1 r_1 \alpha_1} \frac{1}{r} \frac{V_p}{4\pi^2 n^2} \sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_0}}\, tg\,\alpha\, d\omega^2 = \gamma_1 + \gamma_2$$

Cette formule, qui exige également r, se simplifie comme la précédente ; elle est plus simple que celle-ci lorsqu'on peut poser $r_0 = r$. γ_1 est la partie de γ correspondant à l'entraînement sans accélération ; γ_2 correspond à l'accélération.

Dans toutes ces formules, les variables sont réunies ; pour les séparer, il faut faire disparaître les signes $\int$ par différentiation. Cette opération

est, sinon courte, du moins possible, parce que, ainsi qu'on le démontre par des considérations qu'il serait trop long d'introduire ici, il faut différentier, dans ce cas, par simple suppression du signe $\int$ sans addition de terme.

Mais le calcul de γ est généralement inutile en pratique, une évaluation peut suffire. Γ ne sert que pour calculer α et r; on a vu qu'une évaluation approximative suffisait souvent pour α; on va voir qu'il en est de même et plus encore pour le rayon.

IV. — Détermination du rayon.

La croissance du rayon à partir de r_0, ou excentricité, est causée par l'intégrale des impulsions reçues par la particule et leur reproduction par inertie, projetées sur la direction du rayon; c'est l'effet étudié dans une partie des *Remarques sur l'effet d'une force.*

Dans le mouvement réel de la particule compris par γ, ce n'est pas le mouvement de simple entraînement correspondant à γ_1 qui cause l'excentricité, mais l'accélération correspondant à γ_2. Dans la formule du rayon, γ_1 et γ_2 doivent intervenir de la manière qui a été vue dans les « *Remarques.* »

On sait (J.-A. Serret, II, 703) intégrer une expression de la forme $\frac{d^2r}{r} = d\gamma^2$, dans le cas où γ varie uniformément; et (d'après une démonstration que je ne puis introduire ici) il est probable que cette intégration s'applique au cas où γ varie irrégulièrement. Quoi qu'il en soit, comme γ varie peu irrégulièrement, et eu égard aux circonstances du problème actuel, l'intégration dont il s'agit s'appliquera toujours suffisamment au cas présent pour fournir l'évaluation approximative que nous cherchons.

Si l'on détermine les constantes de l'intégrale $\int \left(\frac{d^2r}{r} = d\gamma^2\right)$ pour $d\gamma$ constant, on parvient à l'expression :

$$r = \frac{1}{2} r_0 \left(e^{\gamma\sqrt{m}} + e^{-\gamma\sqrt{m}}\right) \tag{29}$$

On a vu, dans les « *Remarques* » que cette valeur du rayon n'est plus exacte lorsque γ est mixte, c'est-à-dire composé d'accélération et d'entraînement simple, comme dans le cas de l'hélice. Mais, en faisant des hypothèses simplifiées sur le rapport de γ_1 et γ_2, on pourra appliquer la formule (29) avec une approximation suffisante[1]. La précaution à prendre, comme pour α, sera de reconnaître dans quel sens l'erreur est commise.

Prenons l'exemple déjà cité.

Pour un mouvement ω et un angle constant α, on a vu, et on reconnaît aisément, que l'entraînement simple est :

$$V_p\, t.\, tg\alpha = V_p \frac{\omega}{2\pi n} \cdot tg\,\alpha.$$

Pour $\omega = 45° = 0^m,785$; $r_o = 1^m,50$; $\alpha_o = 39°\,31$; $V_p = 2^m,181$; $n = 1,5$ on aura, par suite de la faible variation de α, une valeur de γ beaucoup trop forte en posant $tg\,\alpha = 1$... On aura d'abord :

$$r_o\gamma_1 = V_p \cdot \frac{\omega}{2\pi n} \cdot tg\,\alpha = 2^m,181\,\frac{0^m,785}{6,28.1,5} \cdot 1 = 0^m,1816773 ; \gamma_1 = 0^m,1211.$$

Le relèvement de α étant moindre que 1°, comme nous l'avons vu, il est très exagéré d'admettre que ce relèvement intercepte 1° sur le plan des ωr; prenant néanmoins cette valeur trop forte pour γ_2, il vient :

$$\gamma_1 = 0^m,1211 ; \gamma_2 = 0^m,0174 ; \gamma = 0^m,1385 ; m = \frac{0,0174}{0,1385} = 0,125632$$

$$\sqrt{0,125632} = 0,3544... \quad 0,3544.0,1385 = 0,0490844 ;$$

d'où $$r = \frac{1}{2} \cdot 1,50 \left(e^{0,04908} + e^{-0,04908} \right) ;$$

$$log\, e.\ 0,04908 = 0,021317... \quad nomb. = 1,05 \quad \frac{1}{1,05} = 0,952 ;$$

$$r = \frac{1}{2}\, 1^m,50\, (1,05 \cdots + 0,952) = 1^m,5015.$$

Cet accroissement du rayon, de $0^m,0015$, bien que négligeable, est notablement supérieur à la realité, puisque tous les éléments sont forcés.

On voit donc qu'en exagérant tous les éléments, on ne trouve cependant, dans les cas ordinaires, qu'une variation de r négligeable.

1. Dans ce cas, m est le rapport de γ_2 à γ.

Conclusion du second chapitre.

Ce qui a été dit dans ce chapitre suffit pour indiquer la marche à suivre pour déterminer directement et avec une exactitude suffisante α, γ et r, au moyen des formules qui, prises rigoureusement, sont inévitablement fonction l'une de l'autre, et ne peuvent se calculer alors que par approximations successives. On voit par quelle voie, relativement simple, on peut se donner, dans chaque cas, des limites de ces quantités et juger ce que l'on peut négliger. — Il sera toujours prudent de faire ces essais, au moins pour les points culminants du cas traité.

Il est probable que, dans la pratique, la variation du rayon sera généralement négligeable et que la croissance du pas se déterminera suffisamment à vue d'œil à l'aide d'une limite extrême. L'aube, alors, sera construite comme au premier chapitre, et on appliquera sur l'arête finale le relèvement jugé nécessaire; le reste de la directrice ou trajectoire sera courbé approximativement en conséquence.

On verra l'application de ces remarques dans l'exemple suivant.

CHAPITRE III

CALCUL D'UN EXEMPLE.

Nous prendrons pour cet exemple les données d'un navire qui a été construit; c'est un croiseur.

$V_m = 16$ nœuds; sensiblement, pour simplifier, 8^m par $1''$.

$n = 1{,}5$ nombre de tours de l'hélice par $1''$.

tirant d'eau	$7^m{,}10$
longueur	$99^m{,}00$
largeur	$15^m{,}40$
déplacement	5 740,00 tonneaux.

Au maximum d'effort, ce croiseur développait, dans les cylindres, 7 400 chevaux.

Avec ces données, nous calculerons : les principales dispositions d'aubes du premier chapitre, — à propulsion maxima, à vitesse de

propulsion égale et à pas constant, — dans quelques cas ; les travaux de ces aubes, pour les comparer ; la variation du pas et du rayon résultant de l'accélération, pour apprécier leur importance.

Diamètre de l'hélice. — D'après le tirant d'eau, nous prendrons 6 mètres comme diamètre extérieur de l'hélice ; il ne semble pas prudent de dépasser ce chiffre.

Angles de marche. — Ces angles ayant pour tangentes $\frac{V_m}{2\pi rn}$, on trouvera aux divers rayons :

au rayon de	1m,00,	$tg\,\alpha_m$ = 0,8488 : 1	= 0,8488,	α_m =	40°19′
	1 ,50,	= : 1,5	= 0,5658,	=	29°30′
	2 ,00,	= : 2	= 0,4244,	=	23° »′
	2 ,50,	= : 2,5	= 0,339 ,	=	18°44′
	3 ,00,	= : 3	= 0,2829,	=	15°48′

Aube à propulsion maxima. — Les angles de cette aube le long de l'arête initiale et les vitesses de propulsion correspondantes seront, d'après les formules (7) et (8) :

pour r =	1m,00,	$tg\,\alpha_\mu$ = 2,16 ,	α_μ = 65°10′	$V_{p\mu}$ =	2m,181
=	1 ,50,	= 1,7145,	= 59°45′	=	4 ,122
=	2 ,00,	= 1,5107,	= 56°29′	=	6 ,235
=	2 ,50,	= 1,3961,	= 54°23′	=	8 ,440
=	3 ,00,	= 1,3222,	= 52°52′	=	10 ,690

Aube ordinaire à pas constant. — L'aube de ce genre qui nous paraît se rapprocher le mieux de l'aube précédente est celle qui a même section au rayon de 1 mètre. Pour avoir les tangentes aux divers rayons, il suffira de diviser la tangente en ce point (2,16), par le rapport des rayons. Les vitesses de propulsion se calculeront par la formule (12′). Il vient :

pour k =	1 ,	$tg\,\alpha = \frac{2,16}{1}$ = 2,16,	α = 65°10′,	V_{p_v} =	2m,181
=	1,5,	$= \frac{2,16}{1,5}$ = 1,44,	= 55°14′	=	4 ,02
=	2 ,	= . . . = 1,08,	= 47°13′	=	5 ,70
=	2,5,	= . . . = 0,864,	= 40°50′	=	7 ,07
=	3 ,	= . . . = 0,72 ,	= 35°46′	=	8 ,14

Ces résultats permettent une première comparaison des aubes; elle sera complétée par le calcul des travaux.

La figure (4) représente[1] l'aube à propulsion maxima que nous venons de calculer; la figure (5), l'aube à pas constant; la figure (6), l'une et l'autre superposées, coïncidant par : l'axe, l'arête initiale et la section $B^{IV}G$, à 1 mètre de rayon. Les lignes H..I.. sont les intersections de plans normaux à l'axe.

La figure (7) représente la même aube à propulsion maxima munie d'un bras inerte de 1 mètre de rayon.

On sait que l'aube à propulsion maxima a le pas de chaque directrice nécessairement constant. Ce que nous avons dit de la variation de α, et le faible angle au centre de cette aube, paraît permettre de donner ici à l'aube $0^m,50$ de hauteur parallèlement à l'axe. Mais il est prudent de contrôler cette appréciation par un calcul.

Pour évaluer approximativement la variation de α au plus grand rayon de l'aube, figures (4) et (7), afin de juger si la hauteur prévue de $0^m,50$ n'est pas trop forte, on mesure sur l'épure que ω_0, pour ce point, est environ 7°30′, de sorte que la formule (26) donne pour la valeur de ω correspondante :

$$\omega = \frac{9.\overline{0,1307}^2 + 0,25}{9.0,1307 + \frac{4}{9,42}} = \frac{9.0,01708249 + 0,25}{9.0,1307 + 0,4246} = \frac{0,4037}{1,6009} = 0^m,252$$

Avec cette valeur et la formule (23′), on calcule approximativement (fort) le troisième terme de z, pour le même point :

$$\frac{1}{2}\frac{V_p\omega^2}{4\pi^2n^2} = \frac{1}{2}\frac{10,69.\overline{0,252}^2}{88,7364} = \frac{10,69.0,063504}{177,4728} = 0^m,0038$$

Cette valeur étant trop forte et le relèvement[2] étant moindre qu'elle,

1. Toutes ces représentations sont schématiques, par simple épure géométrique. Les habitudes de la construction et ce que nous avons dit suffisent pour tracer aisément l'aube véritable. L'hélicoïde du *bras*, là où elle est représentée, est supposée prolongée jusqu'au plan final ; ce n'est évidemment pas nécessaire.

2. Dans cette aube, je le répète, le relèvement n'est qu'une hypothèse pour apprécier la diminution de pression qui peut se produire.

il paraît, d'après l'ensemble de l'étude, que l'accélération réelle serait négligeable, et que l'on peut admettre par conséquent la hauteur d'aube de 0m50. Tout au plus, l'aube perdra-t-elle un peu de pression vers son angle final extrême. C'est, du reste, au constructeur à apprécier chaque cas.

Ce que nous avons dit de l'espacement des aubes ne permet pas à l'hélice à propulsion maxima d'avoir plus de quatre aubes comme celles figures (4) et (7); mais, à l'aide de couronnes, on peut augmenter le nombre des aubes. On en verra l'avantage au calcul des travaux.

La figure (8) représente l'hélice à propulsion maxima calculée plus haut, ayant huit aubes de 1 mètre de longueur sur couronne avec quatre ou trois bras inertes de 2 mètres. La figure (8') indique la construction pratique de l'hélice entière.

L'hélice maxima, figure (9), a seize aubes de 1 mètre sur couronne, avec quatre bras inertes; seulement, l'espacement requis entre les aubes a nécessité de ne donner à l'hélice que 0m,36 de hauteur au lieu de 0m,50.

L'hélice maxima, figure (10), a seize aubes de 0m,50 sur couronne, avec quatre bras inertes; ce raccourcissement des aubes a permis d'élever la hauteur de l'hélice à 0m,46. On verra plus loin la comparaison des travaux de ces diverses dispositions.

Aube à vitesse de propulsion égale. — Un mètre nous paraît la plus petite longueur qu'il convienne d'attribuer ici à l'aube inerte ou bras. Pour calculer une aube à vitesse de propulsion égale à partir de la section de propulsion maxima au rayon de 1 mètre, nous emploierons la formule (14) avec la tangente 2,16 déjà calculée pour cette section. On obtient :

pour K = 1,0,	$tg\alpha_0$ = 2,16 ,	α = 65°10',	V_p = 2m,181
= 1,5,	$tg\alpha_c$ = 0,8258 ,	= 39°31 ,	= »
= 2,0,	= 0,57888,	= 30° 4 ,	= »
= 2,5,	= 0,45036 ,	= 24°15 ,	= »
= 3,0,	= 0,37152 ,	= 20°23 ,	= »

On remarque que, vers le plus grand rayon, ces angles se rapprochent assez de ceux de marche; on verra par le calcul du travail la puissance qui leur reste.

Cette aube est représentée figure (11). Théoriquement, la section en C n'a pas d'étendue puisque l'angle y est maximum; nous avons tracé ainsi le schéma figure (11); pratiquement, il faudrait donner à cette section l'étendue $B^{IV}G$ de l'aube à propulsion maxima figures (4) et (7). H...I... sont toujours les intersections de plans normaux à l'axe pour montrer la forme.

La figure (12) représente la même aube dans laquelle, seulement, le bras inerte est prolongé jusqu'à 1m,50 pour des motifs que l'on verra en calculant le travail. L'hélice ainsi disposée pourrait avoir huit aubes.

L'aube, figure (13), est encore à vitesse de propulsion égale avec un bras de 1m,50; mais, au lieu d'être l'aube précédente rognée comme celle figure (12), elle débute par la section de propulsion maxima à 1m,50; elle est moins étendue et plus forte que l'aube, figures (11) et (12). Voici les éléments de cette aube, calculés comme précédemment :

pour K = 1,0	(r = 1,50),	$tg\alpha_0$ = 1,7145 ,	α = 59°45,	V_p = 4m122
= 1,333	(= 2,00),	$tg\alpha$ = 0,7727 ,	= 37°42,	= id.
= 1,666	(= 2,50),	= 0,5713 ,	= 29°45,	= id.
= 2,0	(= 3,00),	= 0,45828,	= 24°37,	= id.

La figure (14) représente l'aube figure (13), dont on a diminué l'angle empiriquement depuis S jusqu'à B'''B, afin que la trace devienne SO ou SI, au lieu de SE, dans le but d'améliorer le rendement dans la partie de l'aube où il est le moindre.

Sur les figures (11) et (14) est indiquée en ponctuée la limite des aubes pour huit aubes, c'est-à-dire la trace sur le plan final des normales à l'arête initiale de l'aube suivante. Cela indique la limite extrême du rapprochement possible des aubes.

La figure (15) représente l'aube, figure (14), simplement prolongée sous les mêmes angles dans la partie SS' jusqu'en SK parallèle à la limite. Cela montre un des moyens d'augmenter le travail d'une aube calculée lorsqu'elle n'atteint pas l'étendue possible. — Les lignes H..I..S..J.. sont les intersections de plans normaux à l'axe.

On a rencontré, au second chapitre, un essai de la variation de α relatif à la section moyenne de l'aube figure (11). Nous allons faire un

semblable essai pour la section extrême de l'aube figure (13). Les formules (26) et (23′) donnent :

$$\omega = \frac{9.0{,}366^2 + 0{,}25}{9.0{,}366 + 0{,}4246} = \frac{1{,}455}{3{,}7186} = 0^m{,}391 ;$$

$$\frac{1}{2}\,\frac{V_p\omega^2}{4\pi^2 n^2} = \frac{4^m{,}122.0.391^2}{177{,}428} = 0^m{,}0035.$$

Cette valeur de la partie de l'ordonnée correspondant au relèvement de l'aube étant supérieure à ce relèvement, on reconnaît, eu égard à la longueur de la directrice au point considéré, que $\alpha - \alpha_0$ est moindre que un demi-degré.

Nous ne pousserons pas plus loin les recherches de ce genre, ce qui précède suffisant pour l'indication qui est le but de cet exemple. En pratique, on jugera combien de points il est bon de vérifier.

Travail et rendement des aubes. — Pour calculer le travail des aubes, il faut mesurer leur surface par zones assez étroites pour pouvoir y regarder la pression comme uniforme. Nous nous contenterons ici de prendre des zones de $0^m{,}50$ de largeur dans le sens du rayon. Cette approximation paraît suffisante pour la comparaison dont il s'agit. En pratique, on prendra les zones aussi étroites qu'on le croira utile; quelques essais de calcul montreront vite la limite convenable.

Les dimensions circulaires normales au rayon seront mesurées sur les épures des diverses aubes précédemment indiquées.

Nous ne considérerons ici que le travail sur la face active de l'aube. Le travail à l'arrière manque de données tant soit peu précises, et ce n'est que par une hypothèse évidemment risquée qu'on l'égalerait au travail à l'avant. D'ailleurs, il paraît préférable de réserver ce travail comme surcroît de puissance.

Aube à propulsion maxima, travail et rendement.

1° Aube, fig. (7), ou fig. (4) en négligeant la partie entre l'axe et 1 mètre de rayon.

RAYON	ANGLE α	Longueur des directrices mesurées ou calculées	Surfaces des trapèzes	Vitesses de propulsion V_{p_R}	Vitesses de propulsion normales à l'aube $\frac{V_{p_R}}{\cos\alpha}$	Pressions normales à l'aube par m. q. $p_n = 100\left(\frac{V_{p_R}}{\cos\alpha}\right)^2$	Pressions dans le sens de la marche par m. q. $p_n \cdot \cos\alpha$	Pressions dans le sens de la rotation par m. q. $p_n \cdot \sin\alpha$	Pressions dans le sens de la marche par trapèze	Pressions de rotation multipliées par le rayon moyen, par trapèze
m.		m.	m. q.	m.	m.	k.	k.	k.	k.	kgm.
1,00	65°,10	0,55		2,181	5,193	2 693,61	1 131,26	2 444,53		
			0,2825						635	1 487
1,50	59°,45	0,585		4,122	8,182	6 691,24	3 370,81	5 780,16		
			0,2950						1 535	4 235
2,00	56°,29	0,60		6,238	11,297	12 746,41	7 038,31	10 627,70		
			0,3050						2 935	9 494
2,50	54°,23	0,62		8,142	14.496	20 967,04	12 210,36	17 044,73		
			0,3100						4 827	17 922
3,00	52°,52	0,63		10,692	17,711	31 364,41	18 933,75	25 004,65	9 932	33 138

Travail propulseur (4 aubes)

$$9\,932^{k} \times 4 \times 8^{m} = 317\,824^{kgm} \text{ (4 237 chevaux).}$$

Travail de rotation (4 aubes)

$$33138 \times (9{,}42 = 2\pi n) \times 4 = 1\,248\,639^{kgm},84 \text{ (16 648 chevaux).}$$

Rendement de l'hélice $\frac{4\,23\,700}{16\,648 + 4\,237} = 20{,}2..$ p. 0/0.

On peut remarquer, par le détail des calculs, que le rendement paraît diminuer vers le plus grand rayon ; en sorte que, en cas d'une pareille aube, on peut étudier la solution d'un rayon moindre que le plus grand possible... — La comparaison de ces hélices avec les autres résultera des calculs qui vont suivre. — Pour les autres dispositions de l'aube à propulsion maxima, nous nous contenterons de donner le travail de propulsion.

2° La même hélice avec 8 aubes de 1 mètre (fig. 8).

$$(2\,935 + 4\,827) \times 8 \times 8^{m} = 496\,768^{kgm} \text{ (6 623 chevaux).}$$

3° La même avec 10 aubes (elle peut les admettre, la formule donne même 11..)

$$(2\,935 + 4\,827) \times 80 = 620\,960^{kgm} \text{ (8 279 chevaux).}$$

4° 16 aubes de $0^{m},36$ de hauteur, avec 1 mètre de longueur utile (fig. 9).

$$\left.\begin{array}{l} 0^{mq},2187\ \dfrac{7\,038^{k} + 12\,210^{k}}{2} = 2\,104,.. \\ 0^{mq},2237\ \dfrac{12\,210^{k} + 18\,933^{k}}{2} = 3\,483,.. \end{array}\right\} 5\,587 \times 16 \times 8 = 715\,136^{kgm}$$

(9·535 chevaux).

5° 16 aubes de $0^{m},46$ de hauteur, avec 0,50 de longueur utile (fig. 10).

$$0^{mq},2875\ \frac{12\,210^{k} + 18\,933^{k}}{2} \times 16 \times 8 = 573\,031^{kgm} \text{ (7 640 chev.).}$$

Ce qui précède suffit pour indiquer la comparaison entre les diverses dispositions à propulsion maxima. L'hélice la plus puissante aurait une longueur utile entre 1 mètre et $0^{m},50$, voisine de 1 mètre probablement, avec 16 aubes et la hauteur correspondante ; elle approcherait de 10 000 chevaux propulseurs théoriques. — On voit que cette hélice comporte une marge considérable en plus de la puissance réalisée par le croiseur.

On reconnaît que cette aube aurait une action légèrement centripète comparativement à celle de rayons géométriques. Toutefois cette action étant faible et de sens plutôt favorable, il serait probablement sans intérêt de s'astreindre ici à la petite complication des stries.

Aube ordinaire à pas constant ; travail et rendement.

RAYONS	ANGLES	Longueurs des directrices	Surfaces des trapèzes	Vitesses de propulsion V_{p_v}	Vitesses de propulsion normales à l'aube $\frac{V_{p_v}}{\cos\alpha}$	Pressions normales à l'aube par m. q. $p_n = 100 \times \left(V_{p_v} : \cos\alpha\right)^2$	Pressions dans le sens de la marche par m. q. $p_n . \cos\alpha$	Pressions dans le sens de la rotation par m. q. $p_n . \sin\alpha$	Pressions dans le sens de la marche par trapèze	Pressions de rotation multipliées par le rayon moyen par trapèze
m.		m.	m. q.	m.	m.	k.	k.	k.	k.	kgm.
0,50		0,51								
			0,26						196	317
1,00	65°,10	0,55		2,181	5,193	2 696,72	1 132,56	2 446,90		
			0,29						576	1 187
1,50	55°,14	0,61		4,02	7,067	4 994,25	2 840,73	4 107,46		
			0,3225						1 231	2 870
2,00	47°,13	0,68		5,70	8,410	7 072,81	4 793,45	5 200,11		
			0,36						2 053	4 431
2,50	40°,50	0,76		7,07	9,360	8 760,96	6 616,98	5 741,30		
			0,4025						2 977	6 448
3,00	35°,46	0,85		8,14	10,044	10 090,00	8 176,73	5 911,73		
									7 033	15 253

Travail propulseur (4 aubes)

$$7\,033^{k} \times 8^{m} \times 4 = 225\,056^{kgm} \text{ (3 000 chevaux).}$$

Travail de rotation (4 aubes)

$$15\,253^{kgm} \times 9{,}42 \times 4 = 574\,732^{kgm} \text{ (7 660 chevaux).}$$

Rendement $\frac{3\,000\,00}{10\,660} = 28{,}14..$ p. 0/0.

Si l'on applique ce rendement à l'hélice du croiseur pris pour exemple, laquelle développait au maximum 7 400 chevaux moteurs, on trouve

$$7\,400 \times 0{,}28 = 2\,072 \text{ chevaux.}$$

Il est probable que le travail utile, c'est-à-dire la résistance à la translation du navire, augmenté de toutes les pertes, dépassait peu 2000 chevaux.

On voit que le travail propulseur de l'aube à pas constant n'est pas les 3/4 de celui de l'aube comparable à propulsion maxima ; par contre,

le rendement est meilleur... C'est le but à atteindre qui réglera le choix... Mais on va voir que, si l'on n'a pas besoin de toute la puissance possible, l'aube à vitesse de propulsion égale, ou les aubes voisines, seraient préférables.

Aube à vitesse de propulsion égale; travail et rendement.

Aube théorique, fig. 11, ayant 2 mètres de longueur utile.

RAYONS.	ANGLES.	Longueur des directrices.	Surfaces des trapèzes	Vitesse de propulsion V_p	Vitesses de propulsion normales à l'aube, $\frac{V_p}{\cos \alpha}$	Pressions normales à l'aube par m. q. $p_n = 100 \times \left(\frac{V_p}{\cos \alpha}\right)^2$	Pressions dans le sens de la marche, par m. q. $p_n \cos \alpha$	Pressions dans le sens de la rotation par m. q. $p_n \sin \alpha$	Pressions dans le sens de la marche, par trapèze.	Pressions de rotation multipliées par le rayon moyen, par trapèze.
m.		m.	m. q.	m.		k.	k.	k.	k.	kgm
1,00	65°,10	0		2,181	5,193	2 696,72	1 132,57	2 447,36		
			0,1975						172,72	826,72
1,50	39°,31	0,79		»	2,827	799,19	616,53	508,53		
			0,4475						260,92	323,70
2,00	30°,04	1,00		»	2,520	635,04	549,59	318,16		
			0,5525						295,94	343,82
2,50	24°,15	1,21		»	2,392	572,17	521,68	235,00		
			0,6600						339,15	380,87
3,00	20°,03	1,43		»	2,321	538,70	506,05	184,69		
									1 068,73	1 875,12

Travail propulseur $1\,068 \times 8^m \times 8^k = 68\,399^{kgm}$ (912 chevaux).

Travail de rotation $1\,875 \times 9,42 \times 8 = 141\,309^{kgm}$ (1 884 chevaux).

Rendement $\frac{91200}{912 + 1\,884} = 32,60$ p. 0/0.

On remarque que le rendement est surtout compromis par la partie de l'aube la plus voisine du bras; on peut corriger la forme de façon à amoindrir cet effet. Si l'on supprime simplement cette partie pour n'avoir que $1^m,50$ d'aube utile, il vient (fig. 12) :

Travail propulseur $896^k,01 \times 8 \times 8 = 57\,344^{kgm}$ (764 chevaux).

Travail de rotation $1\,048^k,39 \times 9,42 \times 8 = 7\,9006^{kgm}$ (1 053 chev.).

Rendement $\frac{76400}{764 + 1\,053} = 42,0..$ p. 0/0.

Ce rendement paraît voisin du meilleur que l'on puisse atteindre; mais cette hélice est probablement trop faible pour le navire considéré.

Sans chercher à augmenter sa force en étendant sa surface, comme la figure (15) en offre un exemple, il y a lieu d'essayer l'aube, figure (13), qui part d'une section de propulsion maxima au rayon de $1^m,50$.

Voici les résultats relatifs à l'aube, figure (13). Nous calculerons en prenant à l'origine de l'aube utile, c'est-à-dire à $1^m,50$, toute la longueur de la directrice à propulsion maxima comprise entre les plans initial et final; c'est évidemment ainsi qu'il convient de faire en pratique, sans s'arrêter à la forme purement théorique que nous avons signalée dans le cas précédent.

RAYONS	ANGLES	Vitesses de propulsion V_p	Longueurs des directrices	Surfaces des trapèzes	Vitesses de propulsion normales à l'aube $\frac{V_p}{\cos \alpha}$	Pressions normales à l'aube par m. q. $p_n = 100 \times \left(\frac{V_p}{\cos \alpha}\right)^2$	Pressions dans le sens de la marche par m. q. $p_n \cos \alpha$	Pressions dans le sens de la rotation par m. q. $p_n \sin \alpha$	Pressions dans le sens de la marche par trapèze	Pressions de rotation multipliées par le rayon moyen par trapèze
m.		m.	m.	m. q.	m.	k.	k.	k.	k.	kgm.
1,50	59°,45	4,122	0,58		8,182	6 694,51	3 372,49	5 782,98		
				0,35					977,55	2 295,03
2,00	37°,42	»	0,82		5,290	2 798,41	2 214,16	1 711,31		
				0,46					957,72	1 462,45
2,50	29°,45	»	1,02		4,740	2 246,76	1 950,63	1 114,86		
				0,555					1 059,77	1 504,12
3,00	24°,37	»	1,21		4,531	2 051,71	1 868,86	856,30		
									2 995,04	5 261,60

Travail propulseur $2995 \times 8^m \times 8^s = 191\,682^{kgm},56$ (2 555 chevaux).

Travail de rotation $5261,6 \times 9,42 \times 8 = 396\,512^{kgm}$ (5 286 chevaux).

Rendement $\frac{2\,55500}{2555 + 5\,286} = 32,58$ p. 0/0.

On remarque que le seul fait de construire cette aube sur l'angle maximum à $1^m,50$, au lieu de cet angle à 1 mètre, a presque *triplé* la puissance. Quant au rendement, il est resté le même.

Si l'on cherche, comme précédemment, à améliorer le rendement en supprimant la première section, qui est la moins favorable, il vient :

Travail propulseur $2017^k,49 \times 8 \times 8 = 129\,119^{kgm},36$ (1 721 chev.).

Travail de rotation $2966^k,57 \times 9,42 \times 8 = 223\,560^{kgm},71$ (2 980 ch.).

Rendement $\frac{1\,721\,00}{1\,721 + 2\,980} = 36,60$ p. 0/0.

Mais ce procédé de retranchement n'est admissible que si l'on dis-

pose d'un excès de force suffisant; dans notre exemple, il faudrait probablement conserver 2000 chevaux propulseurs. En pratique, on pourrait employer quelque moyen semblable aux suivants.

1° Essayer une nouvelle aube, de rayon inerte compris entre 1 mètre et $1^m,50$, dont on pourrait retrancher la partie comprise entre l'origine et $1^m,50$. Cela suppose encore que l'on dispose d'un certain excès de force.

2° Substituer empiriquement, à l'angle initial de 59°,45, un angle continuant la forme des angles suivants; par exemple, 46° au rayon de $1^m,50$. Cela donne le contour KS I, fig. (14). On obtient pour cet essai :

RAYONS	ANGLES	Vitesses de propulsion V_p	Directrices	Surfaces des trapèzes	Vitesses normales à l'aube $\frac{V_p}{\cos \alpha}$	Pressions normales par m. q.	Pressions dans le sens de marche par m. q.	Pressions dans le sens de la rotation par m. q.	Pressions à marche par trapèze	Pressions de rotation multipliées par le rayon moyen par trapèze
m.		m.	m.	mq.	m.	k.	k.	k.	k.	kgm.
1,50	46°	3,20	0,70		4,606	2 121,52	1 478,37	1 525,72		
				0,38					700,53	1 075,97
2,00	37°,42	4,12	0,82		5,29	2 798,41	2 214,16	1 711,31		
				0,46					957,72	1 462,45
2 50	29°,45	»	1,02		4,74	2 246,76	19 50,64	1 114,86		
				0,555					1 059,77	1 501,12
3 00	21°,37	»	1,21		4,53	2 051,71	1 868,87	856,31		
									2 718,02	40 42,54

Travail propulseur $2718 \times 8 \times 8 = 173953^{kgm}$ (2319 chevaux).

Travail de rotation $4042 \times 9,42 \times 8 = 304646^{kgm}$ (4 062 chev.).

Rendement $\frac{2\,31900}{2319 + 4062} = 36,34$ p. 0/0.

On voit que ce procédé empirique a amélioré le rendement presque autant que le retranchement précédent, tout en conservant suffisamment le travail moteur.

On aurait pu également continuer le contour KS de l'aube, fig. (14), jusqu'en 0, par exemple; l'angle résultant en 0 est environ 51°. On aurait ainsi une aube plus forte, mais de rendement moindre.

Si, le travail propulseur nécessaire étant exactement donné, on continuait le tâtonnement précédent (et l'importance du résultat en vaut la peine), en diminuant progressivement les angles et rognant les par-

ties les moins favorables, on arriverait à améliorer encore notablement le rendement.

On pourrait, comme pour l'hélice à propulsion maxima, relier par une couronne la partie interne de ces aubes, afin de n'avoir que 4 bras au plus pour les 8 aubes. On pourrait peut-être encore, à l'aide de la couronne, avoir plus de 8 aubes; on examinerait alors s'il vaut mieux, pour améliorer le rendement, adoucir les angles ou se rapprocher de l'aube, figure (12),... Nous n'entrerons pas plus avant dans ces détails, ce que nous avons dit suffisant pour les signaler ; en général, une étude de construction devra s'y arrêter.

Le genre de tâtonnement dont nous parlons conduirait vers l'aube à propulsion minima et à rendement maximum, dont il a été question au premier chapitre. Ce serait un procédé probablement plus simple, en général, que l'emploi de formules compliquées. On peut juger que l'aube à vitesse de propulsion égale, facile à calculer, serait une bonne base pour ce travail parce qu'elle n'est pas éloignée du but.

Pour augmenter la force d'une aube calculée, on procéderait inversement. On se rapprocherait ainsi de l'aube à pression égale, puisque les calculs précédents font voir que les pressions décroissent un peu inversement au rayon dans l'aube à vitesse de propulsion égale. Celle-ci serait une base d'autant meilleure que son rendement est le plus grand.

3° Étendre l'aube, autant qu'on le juge possible, vers la limite extrême fixée par l'aube suivante. La figure (15) en offre un exemple.

Le rendement des diverses zones augmentant un peu avec le rayon, le mode d'extension de l'aube le plus logique serait par zones concentriques atteignant la limite, à partir de l'extrémité du rayon... On peut se borner à étendre l'aube parallèlement à la limite, comme le représente la figure (15).

Pour consolider au besoin une aube ainsi étendue, on pourrait prolonger l'aube du bras sous l'aube utile et placer entre elles des arcs-boutants; ou bien, déplacer un peu le bras afin qu'il fût symétrique en projection à la projection de l'aube... Ce dernier genre de construction est généralement recommandable.

Il convient de remarquer que la suppression de la zone de moindre rendement est utile pour diminuer l'effet centrifuge que les stries dont nous avons parlé ont pour objet d'annuler... Toutes ces considérations, que nous ne pouvons qu'indiquer ici, devraient être pesées ensemble dans une étude pratique. Nous pensons que l'on serait généralement

conduit vers la solution d'aubes courtes sur couronne, adoucies le plus possible, et dont l'action centrifuge ou centripète sera parfois assez faible pour dispenser des stries.

Ce qui est essentiel pour ces calculs, et pour toute sorte de calcul sérieux, c'est de connaître suffisamment la résistance propre à la translation du navire. C'est vers ce point, encore mal connu, que doivent tendre les recherches.

Sans conclure rigoureusement de l'exemple précédent à d'autres cas, il semble permis d'indiquer qu'une bonne construction rendra possible : soit d'accroître de 33 pour 100 la puissance d'une aube à pas constant ordinaire, si l'on cherche la plus grande force ; soit d'obtenir un rendement de 33 pour 100 supérieur, si l'on vise à l'économie. Avec la disposition d'aubes sur couronne, on irait jusqu'à tripler la puissance comparativement à l'hélice ordinaire.

TABLE DES MATIÈRES

Préambule 62

Effet centrifuge de l'hélice. Génératrice 64

Directrices. Méthode de construction 67

Chap. Ier. — Étude de l'effet des hélices ordinaires et des diverses aubes ayant des directrices à pas constant 69

I. — Force propulsive, vitesse de propulsion 70

II. — Aube à propulsion maxima 74

III. — Hélice ordinaire à pas constant 78

Comparaison des hélices à pas constant et à propulsion maxima 80

IV. — Aube à vitesse de propulsion égale 81

Comparaison des hélices à pas constant et à vitesse de propulsion égale 82

V. — Aube à vitesse de propulsion égale en tous points, normalement à sa surface 84

VI. — Aube à pression égale dans le sens de la marche en tout point de sa surface 86

VII. — Aube à rendement égal en tous ses points 87

VIII. — Aube à propulsion minima et à rendement maximum 87

IX. — Travail moteur d'une hélice 88

X. — Rendement 89

XI. — Disposition des aubes 90

1° Arête initiale 90

2° Bras 90

3° Nombre des aubes 92

4° Couronnes 93

5° Poupes 94

6° Zones de raccord 94

7° Zone finale flexible 95

8° Aube striée 95

Action centrifuge de l'hélice 96

Recul 96

Mise en marche 97

Chap. II. — Recherche d'une aube à pas variable 98

I. — Recherche de l'ordonnée z 100

II. — Variation de l'angle α 101

III. — Détermination de l'angle γ 111

IV. — Détermination du rayon 113

Conclusion du deuxième chapitre 115

Chap. III. — Calcul d'un exemple 115

DISCOURS PRONONCÉS

AUX OBSÈQUES DE M. TRESCA

Discours de M. Maurice LEVY.

MEMBRE DE L'ACADÉMIE

MESSIEURS,

On dirait presque que le confrère éminent que la mort vient de nous enlever, avait le dédain de la vie, tant il prenait peu de soin de la sienne, tant il écoutait peu les avertissements de la maladie.

L'âge et la souffrance n'ont pu fléchir cette nature de fer. La mort l'a trouvé debout avec la fermeté d'âme antique ; ni les inquiétudes de ses enfants, ni les conseils affectueux de ses amis n'avaient réussi à calmer, un seul instant, son ardeur au travail, son infatigable activité.

Membre de l'Académie des sciences, membre et plusieurs fois président de la Société des Ingénieurs civils, vice-président de la Société d'encouragement, membre du Conseil supérieur de l'enseignement technique, président du Conseil de perfectionnement de l'École centrale, membre du conseil du Conservatoire des Arts et Métiers, président de la Commission des poids et mesures, secrétaire de la Section française de la commission du mètre, vice-président de la Société des électriciens, membre, et depuis la mort de Leverrier, président de la commission d'unification de l'heure, il était partout présent et partout actif, préparé à toutes les questions, toujours prêt à prendre la parole en public ou dans les commissions ; véritable accapareur de travail, il commençait toujours par se charger de la part la plus lourde, ne trouvant jamais, quand l'intérêt de la science ou le bien

public était en cause, aucune tâche ingrate, aucun effort au-dessus de sa volonté.

Vendredi dernier, il assistait à la réunion hebdomadaire de la Société des Ingénieurs civils, plein de vie, remplissant la séance de cette parole calme et persuasive, toujours écoutée, que l'Académie connaît si bien.

En sortant de la salle, il s'affaissa pour ne plus se relever.

Dimanche, il rendait le dernier soupir, sans avoir souffert, sans avoir repris connaissance.

S'il avait eu à choisir sa mort, il l'eût souhaitée telle.

Henri-Édouard Tresca est né à Dunkerque le 12 octobre 1814. Il fut reçu à l'École de Saint-Cyr en 1832; mais ses goûts et ses aptitudes pour les sciences le portaient tout naturellement vers l'École polytechnique.

Il y fut admis en 1833, après avoir remporté, au concours général, le premier prix de physique de la classe de mathématiques spéciales. Il sortit de l'École dans les ponts et chaussées, mais il n'y resta pas longtemps. Nommé élève ingénieur en 1835, il donna sa démission en 1841, pour exercer la profession d'ingénieur civil.

Il commença par la construction de deux usines pour la fabrication de l'acide stéarique et la distillation des huiles minérales, trouvant, chemin faisant, un moyen nouveau d'extraction des huiles et un vérin hydraulique portatif qu'il proposait d'appliquer au pesage des voitures sur les routes.

Il cherchait alors sa voie. Mais un homme de sa trempe n'est pas long à découvrir le fil d'Ariane qui le conduira désormais sûrement dans le labyrinthe de la vie.

Il le trouva à l'Exposition de Londres en 1850.

C'était la première exposition universelle. Tout était à créer.

M. Tresca fut nommé ingénieur chargé du classement des produits français.

Son activité et ses connaissances étendues appelèrent bien vite l'attention sur lui et, en 1852, il entra dans ce Conservatoire des Arts et Métiers, auquel il consacrera le meilleur de sa vie, auquel son nom, avec celui de Charles Dupin et du général Morin restera attaché.

En 1854, il succéda au général Morin dans sa chaire de mécanique, fut nommé membre du jury chargé de désigner le personnel de nos Écoles d'arts et métiers et inspecteur de ces Écoles.

Cette dernière fonction, il en fut investi à un moment où elle ne présentait rien d'enviable. Le choléra sévissait avec violence dans le midi de la France. M. Tresca part pour inspecter l'École d'Aix.

La capitale de la Provence, d'habitude si animée et si exubérante, était plongée dans un silence morne ; les rues désertes n'étaient parcourues que par de funèbres convois. M. Tresca fait l'inspection des services de l'École et prend, de concert avec le directeur, les mesures sanitaires exigées. Sa tâche remplie, il se rend à son hôtel.

Là aussi, la table d'hôte était vide. M. Tresca y était seul.

Un convive pourtant devait l'y rejoindre : c'était l'un des professeurs de l'École qu'il venait d'inspecter; mais il manqua au rendez-vous donné.

Il était mort; il venait de succomber à une attaque foudroyante.

A cette nouvelle, sans peser la responsabilité qu'il assumait, M. Tresca retourne à l'École et, de sa propre autorité, en ordonne le licenciement.

Un inspecteur, en France, n'a, et avec raison, aucun pouvoir propre. Si M. Tresca s'était borné à proposer le licenciement dans un rapport, il était certain, ayant agi régulièrement, d'obtenir l'approbation ministérielle.

Il préféra celle de sa conscience. Il eut les deux.

A partir de 1854, le nom de M. Tresca va grandissant et sa carrière s'élargissant rapidement. L'École centrale et l'Institut agronomique, à l'exemple du Conservatoire, vont bientôt lui confier leurs cours de mécanique appliquée. Ses expériences feront loi, non seulement en France, mais aussi à l'étranger. Les architectes et les ingénieurs en accepteront les résultats et iront puiser largement dans ses procès-verbaux d'expériences, d'abord simplement manuscrits, et, plus tard, publiés en grande partie dans les *Annales du Conservatoire*, une de ses créations.

Mais ce qu'il plaçait au-dessus de tous les services qu'il rendait ainsi à l'industrie, ce qui l'a préoccupé sans cesse dans les vingt dernières années de sa vie, ce sont ses études nombreuses, variées, théoriques et appliquées, sur ce qu'avec une grande audace, mais une parfaite justesse, il a appelé l'*écoulement des solides*.

Ce n'est pas le lieu ici d'indiquer en détail les prodiges d'habileté qu'il a accomplis pour découvrir expérimentalement les lois de ces phénomènes. Nous dirons seulement qu'il est parvenu à pénétrer, en

quelque sorte, à l'intérieur de la matière ductile, à y introduire des nuées d'éclaireurs qui lui apportaient un compte fidèle des modifications profondes qu'y déterminaient les colossales pressions auxquelles il la soumettait.

Les résultats qu'il a obtenus démontrent une fois de plus l'unité des lois physiques et sont aussi importants à ce point de vue que par leurs applications industrielles.

Personne n'ignore les services rendus, par lui, dans la commission du mètre ; mais ce que ceux-là seuls qui l'ont suivi peuvent apprécier, c'est le talent, la persévérance, le dévouement qu'il y a montrés.

C'est lui qui, après une étude approfondie de tous les côtés de la question, a proposé la forme qui a été définitivement adoptée par la commission internationale pour les mètres-étalons à distribuer à toutes les nations.

Elle procure, à poids égal, une résistance vingt-cinq fois plus grande que l'étalon de nos archives, ce qui fait, ainsi qu'il aimait à le dire, qu'on pourra se donner des coups de bâton avec son mètre sans l'altérer.

Il semble que, chez M. Tresca, l'acuité d'esprit et l'aptitude à se mettre au courant de questions nouvelles, n'aient fait que croître avec l'âge.

Il en a donné une dernière preuve bien frappante lors de l'Exposition d'électricité de 1880.

Il y entra novice et en sortit oracle.

Parmi les physiciens de profession et de grand renom qui concoururent aux essais des appareils exposés, quoique non préparé, il prit immédiatement la tête ; cela est si vrai que, depuis, il ne peut plus être question d'expériences à entreprendre sur la lumière électrique, le transport de la force par l'électricité, sans que son nom vienne sur toutes les lèvres.

A l'avenir il n'en sera plus parlé sans qu'un soupir s'échappe de tous les cœurs, et les électriciens se joindront aux mécaniciens pour pleurer sur une aussi grande perte.

Les humbles et les débutants de la science la pleureront aussi. Car ils sont nombreux, ceux à qui il a rendu service. Son cabinet du Conservatoire était envahi par les demandeurs, même après qu'il eut cessé d'y remplir des fonctions administratives. Tous étaient reçus et, pour peu qu'ils en fussent dignes, servis.

Adieu, cher confrère et vénéré maître. Ta vie qui n'est qu'un labeur ininterrompu, un effort incessant et désintéressé vers le bien, sera un grand exemple pour tous.

Ton nom honoré reste représenté, parmi nous, par tes trois fils dignes tous les trois de le porter. Deux d'entre eux t'ont secondé avec un dévouement sans bornes et sont, sur bien des points, les héritiers de ton œuvre qu'ils connaissent dans ses moindres détails; le troisième, sorti avec éclat de l'École polytechnique, est aujourd'hui ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Tu laisseras un grand vide, non seulement à l'Académie des sciences, mais partout où tu as passé.

Nous qui t'avons suivi dans ta superbe carrière, dans ta prodigieuse activité, nous le savons.

Tous l'apprendront.

Adieu.

Discours de M. le colonel LAUSSEDAT

DIRECTEUR DU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

Messieurs,

Tous ceux qui ont eu l'honneur de connaître l'éminent collègue que nous accompagnons au bord de cette tombe savent que jamais existence n'a été plus laborieuse ni mieux remplie que la sienne.

Tresca est mort et devait mourir sur la brèche. Nul, en effet, ne se préoccupait moins que lui de l'état de sa santé, nul n'a bravé plus stoïquement la douleur et jusqu'à la mort qui, depuis plus de deux ans, le menaçait. C'est avec un sentiment de fierté mêlé de tristesse que nous rendons cet hommage à sa mémoire, dans un temps où l'on est disposé à admettre que les générations actuelles sont moins énergiques que celles qui les ont précédées. Quel éloquent démenti à cette insinuation, venue du dehors, que la vie de ce travailleur infatigable, de cet esprit si ouvert pourtant, si accessible à toutes les manifestations de l'intelligence, qui ne trouvait ou plutôt ne cherchait systématique-

ment de distraction que dans les séances de l'Académie et des nombreuses associations scientifiques dont il était presque toujours le membre le plus assidu et le plus actif.

Quel plus fortifiant exemple à offrir à toute cette jeunesse qui nous écoute et à laquelle nous n'hésitons pas à dire que nous comptons sur elle dans l'avenir, dans un avenir prochain peut-être.

Tresca (Henri-Édouard), né à Dunkerque, le 12 octobre 1814, appartenait à une famille distinguée, je devrais dire à une famille illustre; car elle comptait Jean-Bart au nombre de ses ancêtres.

Après avoir fait de brillantes études littéraires et scientifiques au collège Louis-le-Grand, il entrait en 1833 à l'École polytechnique, d'où il sortait en 1835 dans les ponts et chaussées.

Ses condisciples à Louis-le-Grand, ses camarades à l'École polytechnique, et il en est un que je ne veux pas oublier de nommer, l'illustre artiste Gustave Froment qui était son meilleur ami et qui fut lui-même un prodige, qualifiaient de merveilleuse la facilité avec laquelle Tresca s'assimilait tout ce qu'on leur enseignait.

Celui-ci eut une occasion de donner une preuve bien frappante de cette facilité qui allait jusqu'à l'intuition. L'École ayant été licenciée en 1834, à la suite de troubles politiques, les professeurs et les élèves se concertèrent pour que les cours ne fussent pas interrompus, et Thénard, qui avait distingué Tresca, le chargea de réorganiser au dehors, le cours de chimie, le prit pour préparateur et, au besoin, pour suppléant. On m'a assuré que Tresca alla jusqu'à faire des leçons à ses camarades.

A la sortie de l'École des ponts et chaussées, une longue maladie le détermina à renoncer à une carrière dans laquelle il eût, on ne pourrait en douter, rendu les plus grands services ; un peu plus tard, il se fit ingénieur civil et s'occupa de travaux industriels.

Il avait été nommé, en 1851, par le Gouvernement français, inspecteur principal de l'exposition universelle de Londres. C'est dans cette situation qu'il fit la connaissance du colonel, depuis général Morin, professeur de mécanique appliquée au Conservatoire des Arts et Métiers et directeur de l'établissement. Après avoir échangé, dans la halle des machines en mouvement qu'ils visitaient ensemble, quelques idées sur l'utilité qu'offrirait à Paris une installation permanente analogue, pratiquée toutefois sur une moindre échelle, le colonel Morin frappé

du grand sens et de la sagacité de son interlocuteur, lui offrait, séance tenante, l'emploi d'ingénieur au Conservatoire. Cet emploi, à la vérité, n'existait pas, mais le colonel savait qu'il en obtiendrait aisément la création. Il s'agissait, effectivement, de réaliser une de ses plus heureuses conceptions, un projet de laboratoire de mécanique industrielle, qu'il avait formé longtemps avant l'exposition de Londres et qui avait même reçu un commencement d'exécution, dès 1843. Il lui avait seulement manqué jusque-là un auxiliaire capable et convaincu et il venait de le trouver.

Dans tout ce que j'ai à dire des améliorations introduites au Conservatoire, à partir de 1852, je ne saurais séparer le nom du général Morin de celui de son collaborateur dévoué, qu'en toutes circonstances il se plaisait à appeler son ami, son bras droit.

Le public nombreux qui visite la nef de la merveilleuse église de Saint-Martin-des-Champs, dans laquelle sont installées les machines en mouvement, n'y voit tout d'abord qu'un spectacle fait pour éveiller sa curiosité. Il ignore généralement, mais ni les savants, ni les constructeurs n'ignorent que c'est dans ce laboratoire de mécanique qu'ont été entreprises et menées à bonne fin des expériences fondamentales et exécutés des essais innombrables de machines et d'appareils dont il s'agissait de reconnaître, d'apprécier, de mesurer le degré de puissance et d'utilité pratique.

Les recherches personnelles de M. Tresca sur le poinçonnage et le rabotage des métaux qui devaient le conduire à formuler les lois de l'écoulement des solides et celles de la déformation des corps, en général, bien qu'elles aient été exécutées au Conservatoire des Arts et Métiers, avec les ressources dont cet établissement seul disposait alors, seront appréciées avec une plus grande autorité que la mienne. Il en sera de même des expériences entreprises en commun avec M. Ch. Laboulaye pour la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur ainsi que les autres expériences de physique et de mécanique qui ont attiré l'attention du monde savant et ouvert à notre collègue les portes de l'Institut. Ma tâche est d'ailleurs encore bien vaste et je crains déjà de ne pas la remplir comme je le désirerais; je me bornerai donc à l'énumération nécessairement succincte des services rendus à l'industrie dans le laboratoire de mécanique. Si l'on se reporte à trente-cinq ans en arrière et si l'on se représente les efforts incessants tentés depuis cette époque jusqu'à ce jour, pour créer ou perfectionner

les machines et les appareils de toute nature proposés à la grande comme à la petite industrie, on comprendra, je devrais dire, on devinera le rôle considérable de ce laboratoire.

Il importait, parmi tant d'inventions, de reconnaître celles qui pouvaient devenir fécondes, produire des résultats vraiment économiques, augmenter les ressources des fabriques, sans compromettre les capitaux engagés, sans gaspiller les forces que l'on employait, qu'il s'agît de forces naturelles ou des matériaux, combustibles ou autres, qui servaient à leur donner naissance.

Les expériences instituées au Conservatoire, à l'aide d'instruments dus, pour la plupart, à nos grands ingénieurs français et au général Morin en particulier, et exécutées avec une habileté et une conscience à l'abri de toute critique et de tout soupçon, ont joué, je le répète, un rôle considérable dans le triage qu'il fallait faire entre les machines récemment inventées et dans le classement même de celles que l'on employait déjà depuis un certain temps.

Aucune, en effet, n'échappait à ces épreuves, à ce contrôle délicat, et, quand les chiffres qui servaient à traduire les résultats des expériences étaient publiés, personne n'en a jamais contesté l'exactitude. La machine ou l'appareil soumis à ce criterium était jugé.

Le portefeuille industriel du Conservatoire qui est, sans aucun doute, le recueil le plus précieux dans son genre, contient les dessins de la plupart des machines expérimentées.

Les procès-verbaux des expériences sont également accompagnés de dessins exacts, et, à partir de 1860, date de la création des annales du Conservatoire dont M. Tresca fut un des fondateurs et le principal rédacteur, ces procès-verbaux furent publiés par leur laborieux auteur dans plus de quatre-vingts articles sur la mécanique appliquée.

Pour compléter ces indications bien sommaires, j'ajouterai que le directeur et M. Tresca, qui lui avait succédé dans la chaire de mécanique et avait reçu le titre de sous-directeur, avaient encore installé tous les appareils nécessaires pour les essais relatifs à la résistance des matériaux.

Les administrations de l'État, les administrations locales, les architectes, les propriétaires de carrières, les industriels, en général, connaissent bien cette organisation du service des expériences et y font un appel incessant.

Je ne crois pas avoir besoin de dire que l'administration actuelle

s'efforce de répondre à toutes ces demandes et qu'elle continue la tradition dont elle a l'héritage, en suivant attentivement tous les progrès des arts mécaniques. En ce moment même, elle fait construire un laboratoire d'électricité qui peut être considéré comme le complément indispensable du laboratoire de mécanique.

On me permettra sans doute de rappeler ici que l'outillage du Conservatoire fut utilisé pendant le siège de Paris par Tresca et par ses collègues du génie civil, pour les essais de bronze employé à la fabrication des canons de la défense et pour la vérification du matériel de guerre. Pendant cette période douloureuse, Tresca se montra ce qu'il a toujours été, plein d'activité et de ressources, et tous ses collaborateurs témoigneraient, comme moi, de l'ardeur patriotique qui l'animait et qui doublait ses forces.

Je ne veux pas entrer ici dans tous les détails relatifs au développement des différents services du Conservatoire, à l'accroissement des bâtiments et des collections provoqué par l'administration à laquelle a appartenu M. Tresca ; je me bornerai à dire, et cela suffira pour donner une idée de l'activité déployée par le directeur et le sous-directeur, que, dans une période de quinze ans, de 1853 à 1869, la valeur totale des objets composant les collections avait plus que doublé et qu'il en avait été de même de l'étendue des galeries ouvertes au public.

Je ne saurais omettre de signaler encore, parmi les travaux accomplis au Conservatoire par M. Tresca, les comparaisons délicates qu'il entreprit avec la collaboration de Silbermann, des étalons prototypes des poids et mesures des archives et du Conservatoire.

Il préludait ainsi à l'organisation d'un service très important de vérification confié à l'un de ses fils, qui a été et qui est encore d'une grande utilité, tant pour les besoins de l'administration française que dans nos relations avec les pays étrangers, au point de vue de l'extension du système métrique décimal. C'est à ces travaux, en quelque sorte préparatoires, qu'il faut également rattacher la participation considérable du Conservatoire et celle de M. Tresca lui-même à l'œuvre non encore terminée, mais très avancée de la commission internationale du mètre.

Dans les moments de liberté assez rares que lui laissaient son enseignement et ses expériences, M. Tresca trouvait le temps de visiter les usines les plus intéressantes, en France et même à l'étranger, et il s'y

créait de précieuses relations dont bénéficiait le Conservatoire. Il suivait avec non moins d'intérêt les progrès de nos écoles d'arts et métiers et de nos autres écoles industrielles. A l'époque de l'annexion de la Savoie, il fut même chargé de la réorganisation de l'école d'horlogerie de Cluses. Aussi les avis qu'il émettait devant le conseil supérieur de l'enseignement technique, dont il a fait partie pendant de longues années, étaient-ils écoutés avec la plus grande attention. Tout récemment encore, et malgré l'état de sa santé fortement ébranlée, il présentait à ce conseil qui s'occupe d'organiser sérieusement l'enseignement industriel et les études commerciales, un rapport étendu et lumineux dont les conclusions seront sans doute adoptées dans leur ensemble.

J'ai essayé, Messieurs, de retracer, bien imparfaitement sans doute, mais avec un vif désir de la faire apprécier comme elle le mérite, la carrière de Tresca, professeur et sous-directeur du Conservatoire des Arts et Métiers. L'activité de cet homme remarquable ne s'est pas arrêtée au seuil de notre grand établissement, mais il appartient à d'autres orateurs de la suivre au dehors et de vous dire ce qu'ils savent mieux que moi. J'ai cependant encore à m'acquitter de deux missions qui m'ont été confiées par M. le Directeur de l'Institut agronomique et par M. le Président de la Société internationale des électriciens.

A propos de l'Institut agronomique, je rappellerai que M. Tresca a contribué, toujours avec le général Morin, à installer provisoirement cette école créée en 1848, délaissée sous l'empire et réorganisée en 1876, dans les bâtiments du Conservatoire des Arts et Métiers.

C'était un grand service rendu à la direction de l'agriculture qui est devenue aujourd'hui un ministère, et un service d'autant plus méritoire que le Conservatoire lui-même était déjà bien à l'étroit. M. Tresca fut nommé professeur de mécanique à l'Institut et il a occupé cette chaire, comme il occupait celle du Conservatoire et celle de l'École centrale, avec une rare distinction et, le dirai-je, avec l'énergie qu'il dépensait partout à la fois, jusqu'à l'épuisement de ses forces.

En ce qui concerne la Société internationale des électriciens, je me bornerai à dire que son sympathique président, M. Georges Berger, m'a écrit la lettre la plus émue en me priant simplement de rappeler sur cette tombe que Tresca était membre fondateur et zélé vice-président de cette Société dont il avait pressenti la très grande importance scientifique et industrielle.

J'aurais terminé, Messieurs, s'il ne me restait un dernier devoir de cœur et de conscience à remplir.

M. Tresca avait une famille nombreuse et excellente au milieu de laquelle il se reposait de ses travaux et qui lui prodiguait des soins qui l'ont préservé, à coup sûr, pendant longtemps du danger auquel l'exposait son imprudente confiance dans la force de sa constitution. Je ne me permettrai pas de louer autrement les femmes de cette famille si dignes de notre respectueuse sympathie, mais je peux du moins parler des hommes pour lesquels je professe autant d'estime que d'affection.

Toutes les personnes qui ont fréquenté le Conservatoire savent avec quel dévouement deux des fils de M. Tresca, Alfred et Gustave, l'ont assisté dans ses travaux. Il a fait d'eux d'habiles expérimentateurs et je suis heureux de saisir cette occasion, si douloureuse qu'elle soit, de rendre publiquement justice à leur mérite dont le Conservatoire a déjà tiré un grand profit.

J'ai eu, directement ou indirectement, sous mes ordres, le troisième fils et le gendre de M. Tresca, et je me plais à reconnaître que, chez eux comme chez les deux autres, j'ai retrouvé ces grandes qualités, une intelligence sûre associée à un dévouement sans bornes.

N'y a-t-il pas là une tradition digne d'être signalée en ce moment et n'est-ce pas encore faire l'éloge du père qui a su inspirer à tous les siens cet ardent amour du travail qui le caractérisait à un si haut degré, qui a fait sa force, et, en fin de compte, sa gloire !

Car, Messieurs, c'est une personnalité considérable que nous voyons disparaître, dont nous avons le droit d'être fiers et que nous ne saurions trop regretter.

Adieu, Tresca, adieu mon cher et honoré collègue.

Discours de M. A. CAUVET

DIRECTEUR DE L'ÉCOLE CENTRALE.

J'ai la triste et douloureuse mission d'adresser, au nom de l'École centrale des Arts et Manufactures, une parole d'adieu à son éminent Professeur et au Président vénéré de son Conseil. Nous aimions tous,

et bien profondément, ce savant infatigable, cet ingénieur si distingué, ce cœur bon et généreux, cet homme droit, aimable et désintéressé. Nous étions heureux d'avoir au milieu de nous ce haut représentant de la science française, aussi renommé dans sa patrie que dans les pays étrangers. Son nom suffisait à donner de l'éclat à notre enseignement. Sa parole nette, franche et persuasive éclairait nos délibérations.

Au début de sa carrière d'ingénieur, il pressentit bien vite qu'étant sous l'empire de son esprit étendu et investigateur, il aurait de la peine à se maintenir dans les limites imposées à des fonctions brillantes et honorées, mais quelquefois resserrées par les liens nécessaires d'une administration publique. Il fut attiré par les horizons lointains de la haute science et de ses applications : il voulut rester libre et s'appartenir. En 1837, à peine âgé de 23 ans, il avait déjà quitté le service des ponts et chaussées, où l'avaient appelé ses brillants succès à l'École polytechnique, et débutait dans l'industrie en construisant une usine destinée à la fabrication de l'acide stéarique.

Jusqu'en 1852, il se livra à divers autres travaux industriels, tous importants par leur nouveauté et donnant la mesure d'un esprit ardent et entraîné par l'amour du progrès.

Au commencement de cette même année, un événement décisif imprima à la carrière de M. Tresca une nouvelle direction : il fut appelé au Conservatoire des Arts et Métiers où il se consacra plus spécialement à l'enseignement et aux travaux de mécanique appliquée. — Cet enseignement présentait alors de grandes difficultés. Plus que tout autre, il procède par démonstrations rigoureusement scientifiques, ayant leur origine dans les faits de l'expérience et de la pratique. Or, à cette époque, les résultats de l'expérience n'offraient pas encore aux jeunes savants les richesses dont ils peuvent disposer aujourd'hui. M. Tresca ne sépara jamais ces deux éléments, théorie et pratique, si nécessaires l'un à l'autre. Au moyen d'un vaste laboratoire de mécanique, qui était sa création, les propriétés des matériaux, le mode de fonctionnement des machines et leur rendement, livrèrent au Génie civil leurs secrets les plus profonds et les plus variés.

Une parole plus autorisée vient de mettre en lumière la part si féconde que prit M. Tresca dans les travaux et l'administration du Conservatoire des Arts et Métiers. Le renom qu'il y acquit rapidement le fit rechercher partout en France et même à l'étranger, là où il y

avait une institution, une société ou un enseignement s'occupant des choses de la technologie. En 1854, l'École centrale s'empressa de lui ouvrir ses portes, en l'appelant à siéger dans le jury d'admission. Ces fonctions d'examinateur à l'entrée ne prirent fin qu'en 1865, alors qu'il fut nommé professeur du cours de mécanique appliquée de deuxième année, succédant dans cette chaire à notre illustre maître Belanger. Cette nomination eut pour conséquence de le porter au conseil de l'École. En même temps, il fut désigné comme Président du jury d'admission.

Du jour où M. Tresca siégea dans les conseils de l'École, il prit une part des plus importantes dans toutes les discussions où s'agitaient ses grands intérêts. En 1874, une commission ministérielle fut formée en vue d'étudier les dispositions à prendre pour l'installation future et définitive de l'École. M. Tresca en fit partie. Cette étude n'était pas une nouveauté pour cet esprit investigateur et toujours dévoué au bien public. Bien avant cette date, nous avions agité ensemble cette question dans nos entretiens particuliers, même jusqu'au sein du Conseil, et ces discussions avaient conduit à formuler par avance ce qui est devenu aujourd'hui une réalité.

En 1875, M. Philipps, ayant sa santé altérée et ayant dû abandonner la chaire d'hydraulique de 3e année, M. Tresca laissa son cours de 2e année pour succéder à son éminent collègue de l'Institut.

Depuis son entrée au Conservatoire des Arts et Métiers, c'est-à-dire depuis 1852, M. Tresca, chercheur infatigable du vrai, doué d'une activité et d'une puissance de travail extraordinaires, menait de front des publications d'ouvrages, les travaux du savant, ceux du professeur et de l'ingénieur. Ses découvertes, ses ouvrages, ses travaux scientifiques lui méritèrent un fauteuil à l'Académie des sciences.

L'armée, la défense nationale, l'agriculture, l'industrie, le commerce, les travaux publics, l'instruction publique, les jurys des expositions universelles n'avaient pas réclamé en vain le concours du savant, du professeur et de l'ingénieur. Les écoles, les sociétés scientifiques et industrielles, s'honoraient de l'appeler dans leur sein et n'avaient pas de membre plus actif et plus fécond. Il était partout, toujours à la hauteur de sa tâche et jouissant partout d'une autorité incontestée. Ses œuvres sont immenses et il est difficile de le suivre dans le vaste ensemble de ses occupations si nombreuses et si variées. Rien n'a manqué à cet aimable et vaillant caractère. C'est ainsi qu'en 1870 les élans

de son ardent patriotisme inspirèrent ses prodigieux travaux pour l'artillerie de la défense de Paris, et, un peu plus tard, sa courageuse résistance, si grosse de périls, aux injonctions persistantes de la Commune.

Dans ces derniers temps, deux études semblaient surtout l'intéresser. Il s'était attaché plus particulièrement, d'abord au problème du transport de la force à distance au moyen de l'électricité, secondement, à l'organisation et au développement de l'enseignement technique. Son rapport sur cet enseignement, publié dernièrement par les soins du Ministère du commerce, est une œuvre considérable où on trouvera certainement les principaux éléments de son organisation définitive.

Pendant que M. Tresca était arrivé ainsi à l'apogée de sa gloire, un grand deuil nous affligeait profondément. Le plus éminent des fondateurs de l'École, l'illustre Dumas, avait été enlevé à notre affection le 11 avril 1884. Il n'avait pas cessé d'occuper la présidence du Conseil depuis plus de cinquante ans. Un sentiment intime, et on peut dire unanime parmi ses collègues, indiquait le nom de M. Tresca comme devant succéder au grand nom de Dumas. La situation était critique et difficile. Quelques mois à peine nous séparaient de notre installation définitive dans les nouveaux bâtiments de l'École. La rentrée des élèves, qui même, dans les temps ordinaires, est une lourde tâche, était, cette fois, toute pleine de difficultés et de complications : elle exigea des efforts surhumains. M. Tresca ne voulut pas se ménager, et ses forces, usées avant la fin, trahirent son courage. Il tomba et fut atteint par une maladie grave. C'était la seconde fois, et à court intervalle, qu'il subissait une crise des plus inquiétantes. Sa forte et puissante organisation vint encore à bout de cette violente attaque du mal. Ses forces se ranimèrent assez rapidement et avec elles reparut son étonnante activité. En le voyant reprendre une à une ses immenses occupations, on pouvait croire que sa riche nature lui permettait de braver impunément le poids des ans et les fatigues d'un travail excessif. Vainement des amis, tout soucieux de ces cruels avertissements, cherchaient à le rappeler à la raison, en lui observant qu'à son âge, on ne devait plus se livrer à de tels labeurs : « Que voulez-vous, répondait-il avec un sourire plein de finesse et de bonhomie, cela durera tant que ce sera possible; mais je ne saurais m'arrêter. »

C'est ainsi que ce puissant athlète a été foudroyé en plein champ de bataille. Mais la mort, toute soudaine et terrible qu'elle a été, a su le

respecter en lui réservant une fin digne d'une aussi belle et aussi glorieuse existence. Jusqu'à sa dernière heure, M. Tresca a vécu comme il avait toujours voulu vivre : il a travaillé et enseigné !

Gloire et honneur à ceux qui comme vous, cher Maître, ont atteint les limites de la vie dans toute la plénitude de leur intelligence et dans toute la force de leur génie ;

A ceux qui, par leurs vertus, par leur courage et leurs utiles travaux, ont contribué si largement à la grandeur morale et matérielle de la patrie ;

A ceux enfin qui, jusqu'à leur dernier jour, ont été les serviteurs dévoués du bien, de la science et du progrès.

Ceux-là ne périssent jamais. Les générations futures gardent et vénèrent leur souvenir.

Puissent ces consolantes pensées, ainsi que les témoignages de notre vive et affectueuse affliction, adoucir la douleur de son excellente famille, qu'il aimait tant et dont il était adoré.

Adieu, cher Tresca, adieu !

Discours de M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE

MEMBRE DE L'ACADÉMIE.

AU NOM DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MESSIEURS,

La Société d'encouragement pour l'industrie nationale vient de faire l'une des pertes les plus sensibles qu'il pût lui être donné d'éprouver. M. Tresca, son vice-président, était pour notre Comité des sciences mécaniques l'un des pionniers les plus dévoués et les plus infatigables. Membre de la Société depuis 1855, il a, pendant ces trente années, tracé dans l'œuvre commune un sillon profond et ineffaçable. D'un esprit perspicace pour l'analyse, d'un jugement net dans les conclusions, mettant un caractère ferme et loyal au service de ses convictions, il apportait dans nos travaux un concours doublement précieux, comme

savant et comme expérimentateur. La Société d'encouragement ne se limite pas, en effet, aux questions que le savoir suffit à résoudre directement ; des expériences, spéciales à chaque cas, deviennent parfois nécessaires. M. Tresca y excellait, comme nous le savons tous. Expérimentateur de premier ordre, il pouvait revendiquer tout entier le mérite du secours qu'il nous apportait sous cette forme; car les moyens d'action que lui fournissait, au Conservatoire des Arts et Métiers, la galerie des machines en mouvement, avaient été créés par lui, et il les mettait en œuvre avec l'aide de ses fils, ces ingénieurs si distingués qu'il a formés à son école.

Les rapports dont il a enrichi notre *Bulletin* y dépassent le nombre de cent. Bornons-nous à citer au hasard un important travail sur l'histoire et l'avenir des moteurs à gaz, ses expériences sur la machine à air chaud de Belou, sur la roue Sagebien, l'accumulateur Armstrong, le régulateur Farcot, sur la résistance comparative des diverses sortes de courroies, sur la flexion et la torsion poussées au delà des limites d'élasticité. Notre *Bulletin*, dont il était le fécond pourvoyeur, a, le premier, donné asile à son beau mémoire sur le rabotage des métaux, qu'a depuis revendiqué la collection des mémoires de l'Institut. Des voix autorisées vous ont retracé tout à l'heure l'œuvre considérable de science générale qui a été accomplie par Henri Tresca. J'évite d'y revenir, de peur d'en affaiblir l'écho, et parce que le riche tribut qu'a reçu en propre la Société d'encouragement constitue à lui seul une œuvre complète, dont il me suffit de rappeler toute la valeur.

La Société n'a pas voulu être ingrate envers celui qui a tant fait pour elle, et l'a appelé l'année dernière à la vice-présidence de son Conseil. Que l'hommage douloureux déposé sur cette tombe par ses collègues puisse apporter à cette famille si dévouée à son chef quelque adoucissement pour les déchirements de la première heure ! Quant à nous, qui l'aimions, et qui ne possédons plus que son souvenir, nous remettons avec confiance au Dieu de justice celui qui a poursuivi avec tant d'ardeur la justice et la vérité !

Discours de M. DE COMBEROUSSE

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MESSIEURS,

C'est au nom de la Société des Ingénieurs civils que je salue une dernière fois, avec vous, M. Henri Tresca, son Président honoraire, et que j'exprime à sa famille la plus douloureuse sympathie.

Après les voix éloquentes et autorisées que vous venez d'écouter, je ne m'étendrai pas sur sa carrière scientifique ; mais je vous demande la permission d'insister un instant sur quelques détails qui nous appartiennent peut-être plus spécialement.

M. Tresca, comme on vous l'a dit, entra à l'École polytechnique après de brillantes études. Il passa le troisième dans la première division et fut nommé élève-ingénieur des ponts et chaussées en 1835.

La carrière s'ouvrait donc devant lui, toute tracée. Une cruelle maladie, supportée avec un courage et une énergie qui devaient la vaincre, l'empêcha de suivre régulièrement la filière accoutumée.

En 1841, il était démissionnaire et, comme un certain nombre de ses camarades, il se tournait du côté de l'industrie privée, il devenait ingénieur civil.

Il le resta toujours, montrant déjà cette activité singulière qui est l'un des traits distinctifs de sa physionomie.

En 1837, à l'âge de 23 ans, il construisait une usine pour la fabrication de l'acide stéarique ; en 1838, il inventait un nouveau procédé d'extraction des huiles minérales ; en 1842, il imaginait un mode de pesage des voitures sur les routes, à l'aide d'une presse hydraulique portative.

En 1846, nous le trouvons ingénieur des mines de houille de Chambois (Saône-et-Loire) ; et, en 1847, il élève une usine d'extraction et de distillation d'huile minérale à Buxière-la-Grue (Allier).

En 1850, la fondation de l'Institut agronomique de Versailles le ramène vers d'autres préoccupations. Il concourt à la fois pour la chaire de génie rural et pour celle de physique, et lutte courtoisement

avec son futur collègue au Conservatoire des Arts et Métiers, M. Emile Trélat.

En 1851, il part pour Londres où s'ouvre la première Exposition universelle. Il y débute comme inspecteur des machines et y reste comme inspecteur principal.

Il est alors attaché, en 1852, au Conservatoire des Arts et Métiers, comme ingénieur chargé des expériences ; et, à partir de ce moment, c'est l'enseignement qui, sans l'absorber, devient la partie la plus importante de ses travaux, c'est à la science appliquée qu'il consacre ses veilles et ses efforts. Il rentre, pour ainsi dire, dans le monde officiel qu'il avait abandonné en 1841.

Je tenais à rappeler ces faits peu connus, qui ont permis de regarder M. Henri Tresca, avec un autre de nos présidents, M. Yvon-Villarceau, comme le représentant du génie civil à l'Académie des sciences.

Il appartenait à notre Société dès 1853. Il en devenait le président en 1862 et, en 1871, pour reconnaître les services qu'il avait essayé de rendre à la Défense nationale, en y associant notre profession autant qu'il était en lui, nous l'élisions notre Président honoraire à côté d'Eugène Flachat et du général Morin.

Il est difficile de parler de cette année que j'aime mieux appeler lugubre que terrible ; car on résiste à ce qui est terrible et l'on est accablé par ce qui est lugubre. Cependant, devant cette tombe ouverte, nous ne pouvons oublier une des pages les plus remarquables de la vie de celui que nous perdons,

Au mois d'août 1870, M. Vuillemin, alors président de la Société, avait, en vue de l'investissement possible de Paris, offert au Ministre des Travaux publics le concours des Ingénieurs civils pour la défense de la capitale. Cette offre avait été acceptée. D'autre part, sur la proposition de notre collègue Victor Bois, et à la date du 13 septembre, une Commission de cinq membres avait été instituée par M. Dorian au Conservatoire des Arts et Métiers, afin d'utiliser et de répartir dans les directions nécessaires les services et le dévouement de nos confrères.

Cette commission, dite du Génie civil, qui représentait les Écoles scientifiques et industrielles : École polytechnique, École centrale, Écoles d'arts et métiers, était composée de MM. Tresca, Laurens, Vuillemin, Martin et Martelet.

Nous ne serons contredit par personne en rappelant que M. Tresca, son président, en fut l'âme et le moteur infatigable.

Je n'ai pas besoin de louer le patriotisme et le désintéressement de la commission du Génie civil et des nombreux ingénieurs qui l'ont aidée dans l'accomplissement de sa tâche. Tout a été gratuit. Tous les marchés ont été passés au grand jour. Tous les industriels capables ont été sollicités. Et, l'on a pu affirmer hautement que, malgré les conditions si défavorables où l'on était placé, les travaux exécutés sous la direction de la commission du Génie civil ont soutenu largement la comparaison avec les travaux similaires accomplis hors de Paris, au point de vue de la bonne fabrication et de la modicité des prix.

Avoir montré à l'Etat qu'il pouvait, qu'il devait désormais compter sur l'industrie privée pour la fabrication des armes et de tous les engins de guerre, c'est une importante lumière dont une part considérable revient certainement à M. Tresca, et que nous ne pouvions pas voiler sur sa tombe.

Son rôle, relativement aux Expositions locales, nationales ou universelles, fut réellement extraordinaire. Nous avons parcouru la liste de ces Expositions où M. Tresca était membre des comités, directeur des expériences, président de classe ou de groupe, vice-président du jury international des récompenses, et nous nous sommes demandé comment il avait pu résister à un labeur si écrasant. On le voyait partout, le premier et le dernier aux visites et aux séances. Les nécessités de la vie matérielle disparaissaient pour lui. On était obligé de l'arrêter et de le supplier en se plaignant soi-même, pour qu'il consentît à prendre quelque nourriture. Il a dû sans doute user peu à peu, dans cet incroyable entraînement, sa robuste constitution.

En 1878, notre Société, pour mieux prendre part à la grande solennité qui se préparait, pria M. Tresca de redevenir son président actif, et elle lui adjoignit comme vice-présidents quatre anciens présidents. M. Tresca répondit à cet appel, malgré le lourd surcroît qu'il avait accepté à l'Exposition universelle. Il alla plus loin. Il aida à la formation d'un Congrès international du génie civil, et y prit la part la plus active comme président. C'était un nouveau service rendu par lui aux Ingénieurs civils.

Dans son allocution à la dernière séance du Congrès, il disait :

« Messieurs, les prix sont décernés, le Jury international a terminé ses délibérations. Je suis tenu au secret, je ne puis citer aucun des lauréats. Mais je puis, du moins, vous dire que le génie civil, sous toutes ses formes, recevra plus du tiers de la totalité des récompenses.

J'avais donc raison de prétendre que ses travaux sont bien ceux qui caractérisent notre siècle... »

C'est là comme le testament qu'il laissait à notre Société, l'encourageant dans sa marche continue et progressive.

Mais il ne nous quittait pas, il s'intéressait toujours à nos succès, il en prenait sa part.

L'année dernière, il présidait la brillante réception faite à Paris, par la Société des Ingénieurs civils de France, aux ingénieurs belges et hollandais. Il restait le plus vif, le plus jeune de tous. Nos hôtes partirent charmés; lui, ne l'était pas moins.

Il se promettait une grande joie à retourner cette année en Belgique où, à leur tour, nos confrères étrangers veulent nous recevoir. Il manquera à la Société, heureuse de se grouper autour de son Président honoraire; il manquera à nos amis qui l'attendaient de l'autre côté de la frontière. La vie est ainsi. Les couchers de soleil sont souvent bien doux et bien beaux; mais ce sont des disparitions, et la nuit est proche.

Je vous demande pardon, je n'ai pu m'arrêter. Il y a tant à dire sur des jours si remplis.

Ici, dans l'enceinte où nous sommes, *ceux qui sont fatigués se reposent*. Mais si notre Président honoraire pouvait se lever à notre voix, lui qui a tant mérité de se reposer, il nous répondrait : « Je ne suis pas fatigué. »

Il semblait, en effet, de fer et d'acier comme les machines qu'il aimait. Il bravait tout. Il n'a pas vieilli. Il a obéi à une loi inéluctable, sans subir aucune décadence. Il n'a cessé de travailler qu'en finissant de vivre.

C'est là une bénédiction que son énergique volonté et son infatigable ardeur scientifique méritaient.

Et, maintenant, nous lui disons un dernier adieu avec une émotion bien vive et de plus près peut être que ses autres amis; car c'est dans l'hôtel de la Société qu'il a subi la première et brusque atteinte, c'est au milieu de nous que ses yeux ont commencé à se fermer.

Adieu, mon cher collègue, adieu, mon cher Président.

Discours de M. Louis PASSY

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE D'AGRICULTURE.

Mercredi dernier, Tresca assistait à la séance de la Société nationale d'agriculture, et, avec sa lucidité et son autorité ordinaires, discutait une question délicate soulevée dans la section de mécanique agricole et d'irrigation; vendredi, Tresca était frappé, frappé à mort. Et le voilà perdu pour toujours, arraché subitement à l'affection de sa famille, de ses confrères, de ses amis! Dans le concert de toutes les sociétés savantes qui s'empressent de rendre à sa mémoire un solennel hommage, la Société nationale d'agriculture tient à mêler sa voix et à dire ses regrets. Son deuil est grand, mais le grand deuil aujourd'hui est conduit par le Conservatoire et l'École centrale dont Tresca a été, pendant tant d'années, l'inspiration vivante, et, pour me servir d'une expression scientifique, l'infatigable instrument.

L'histoire du Conservatoire des Arts et Métiers et de l'École centrale des arts et manufactures est tellement liée à la vie de Tresca qu'il appartenait aux représentants de ces grandes et nobles institutions d'en retracer les épisodes scientifiques : mais l'homme, l'homme avec l'originalité de sa nature et de son talent, appartient à tout le monde. Quand, au nom de l'Académie des sciences, il prononça l'éloge de Frédéric Sauvage, Tresca définit l'inventeur de l'hélice « un chercheur obstiné. » Tresca aussi était un chercheur, mais ce chercheur ne permettait guère à la méditation de prendre le tour de l'imagination. Il suivait le côté pratique des choses plutôt que le côté artistique; l'attrait de la nouveauté ne lui faisait pas perdre de vue l'utilité véritable d'une combinaison, et chacun sent bien que c'est surtout par la finesse et la sûreté du jugement que le professeur de mécanique appliquée pouvait et devait rendre à l'agriculture de réels services. Heureux ceux qui ont le don de première vue et qui reçoivent la lumière soudaine de la découverte, mais honneur à ceux qui savent, par des qualités presque contraires de bon sens, de critique et de science, reprendre cette lumière, l'analyser, la mesurer, et mettre en œuvre cette découverte que le hasard dispute parfois au génie de l'homme!

Si l'on ne peut pas dire que la vocation naturelle de Tresca fut le

professorat, on peut noter que les circonstances en avaient fait la condition de sa vie. « Le professorat, a-t-il dit un jour, est une mission laborieuse dans laquelle le professeur se donne tout entier. » Et Tresca se donna tout entier au Conservatoire et à l'École centrale ! L'enseignement de la mécanique appliquée offrait des difficultés particulières. Il s'était rendu compte, par exemple, que son auditoire, dont la conquête était l'objet de ses continuelles préoccupations, que cet auditoire, dis-je, était saisi bien plus vivement par l'exposé de faits clairement expliqués, que par des déductions théoriques. Tout l'effort de son enseignement se concentra dans un heureux accord et dans un perpétuel échange de théories soutenues par des expériences spéciales, expériences destinées à pénétrer, à découvrir, à juger toutes les questions que soulève l'étude de la mécanique depuis la découverte des forces naturelles jusqu'à la simple démonstration des principales machines de l'agriculture et de l'industrie. Tresca n'aurait pas pu mener à bonne fin l'éducation de son auditoire et la solution de ces problèmes s'il n'avait eu la fortune d'aider à l'établissement, dans les salles du Conservatoire, d'un laboratoire et d'une galerie de mécanique, et de contribuer à la création de ces Annales du Conservatoire, où il consigna le fruit de ses longues et patientes recherches.

A l'influence et à la notoriété qu'il avait conquises par ses travaux dans le public des sociétés savantes et des écoles spéciales, Tresca avait ajouté l'autorité du grand public, par son action prépondérante dans les expositions universelles de 1851, 1855 et 1862, par sa ferme et patriotique conduite pendant les épreuves de 1870 et les jours ensanglantés de la Commune, et par certains incidents de sa carrière professionnelle. Tresca était Tresca, à l'Académie des Sciences, au Conservatoire, à l'École centrale, à la Société d'encouragement, à la Société des Ingénieurs civils, lorsque, en 1876, il y a neuf ans à peine, il entra dans notre compagnie. Je m'en souviens. Séguier mourut et Tresca souhaita le remplacer. Chacun se fit honneur de sa venue, et Tresca prit place dans la Section de mécanique agricole, à côté du général Morin, d'Hervé Mangon et de Delesse, tous trois ses confrères à l'Académie des sciences. L'entrée de Tresca à la Société d'agriculture ne fut donc pas un des échelons de sa fortune et un des degrés de sa renommée. La Société ne fut pas non plus une de ces arènes scientifiques où il aimait à porter fièrement le drapeau de la bataille, mais une retraite où il vint se reposer de ses luttes et de ses travaux, et

donner en passant la preuve de son dévouement à l'agriculture. Il trouvait d'ailleurs dans notre Société, non seulement des études qui lui étaient familières et chères, mais des amis de vieille date, et entre autres le général Morin, dont l'amitié remplit toute sa vie, et régla pour ainsi dire toute sa carrière !

J'ai nommé le général Morin et je m'explique. Quand on veut connaître Tresca, il faut lire le discours qu'il prononça sur la tombe de notre éminent confrère, de son intime ami, le général Morin : « C'est l'homme de bien, dit-il le jour des suprêmes adieux, c'est l'homme que j'ai le plus aimé. Pendant trente ans, il m'a été donné de vivre à côté de lui, de recevoir chaque jour ses conseils et d'admirer l'esprit de sagesse et d'indépendance qui dictait toutes ses déterminations. » Quels aveux, Messieurs, et quelle lumière sur toute la vie ! Ne voit-on pas ces deux hommes vivre pendant trente années de la même science et du même cœur? Ne sent-on pas l'ascendant que Morin avait pris sur Tresca, et l'influence qu'à son tour Tresca devait exercer sur Morin? Quand Tresca loue dans Morin l'esprit de sagesse et d'indépendance, ne semble-t-il pas se louer lui-même? Quand il rappelle la parfaite obligeance avec laquelle Morin prodiguait ses conseils et son temps à tous ceux qui voulaient les prendre, ne se souvient-on pas de l'abandon avec lequel Tresca se donnait pour ainsi dire à tous ceux qu'il en croyait dignes? M. Boussingault ayant dit un jour que Morin était un caractère. « Oui, s'écria Tresca, Morin était un caractère dans lequel le cœur ne vieillit jamais. » La note du cœur reparaît toujours, et Morin est bien l'homme que Tresca a le plus aimé. Tels nous avons vu Tresca et Morin à la Société d'agriculture, vifs, nets, sincères, mais supérieurement distingués dans leur indépendance : telle nous apparaît encore l'image de nos deux confrères, partageant la même tâche en partageant les mêmes sentiments, et, pour ainsi dire, enchaînés l'un à l'autre dans les labeurs de la vie scientifique par la communauté des études, aussi bien que par la ressemblance des caractères.

En rappelant ses propres paroles, en nommant le compagnon de sa vie, en louant les qualités de son cœur et la nature de son talent, j'ai l'espérance d'avoir rendu à Tresca un hommage qui l'aurait touché. Après tant de discours qui relèvent au plus haut point les titres de sa renommée, je ne puis rien faire de mieux, ce me semble, que de prendre d'une main le souvenir des amis qui sont morts, et de l'autre les regrets des amis qui demeurent, et de tresser, avec les souvenirs

du passé et les regrets du présent, une pieuse couronne pour l'offrir à la famille de celui qui est encore là, sous nos yeux, et qui, dans quelques instants, n'y sera plus.

Discours de M. NOBLOT

PRÉSIDENT DE L'ASSOCIATION AMICALE DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES

MESSIEURS,

L'éloge de l'ami que nous venons de perdre si inopinément a été fait par des voix plus éloquentes et plus autorisées que la mienne ; je ne saurais rien y ajouter.

J'ai cependant à remplir un devoir auquel je ne veux ni ne puis me soustraire ; ce devoir, c'est de dire à Tresca un dernier adieu au nom de l'Association des anciens élèves de l'École centrale.

Tresca, en raison de son origine, ne faisait pas partie de l'Association ; mais il lui appartenait, par l'intérêt puissant qu'il n'a cessé de témoigner à cette œuvre d'union fraternelle ; il lui appartenait par son fils, notre camarade, si cruellement éprouvé, dont nous partageons la douleur, et qui, j'en suis certain, suivra vaillamment la voie de travail et d'honneur que son père lui a tracée.

Ainsi donc, mon cher Tresca, au nom de tous nos camarades, au nom surtout des vingt promotions qui ont profité de votre enseignement, au nom de l'amitié et de la reconnaissance, je viens vous dire, non pas adieu, mais, au revoir!

CHRONIQUE

Sommaire. — Chaudières en acier. — Frein restituteur pour tramways. — Les patentes en Angleterre. — Assainissement de la ville de Blankenberghe. — Les télégraphes aux États-Unis. — Le touage. — Le pétrole en Amérique.

Chaudières en acier. — La question de l'emploi de l'acier pour la construction des chaudières a été traitée dans une récente communication de M. Smart, à l'*Institution of civil Engineers*.

L'auteur rappelle que la tôle de fer était, jusqu'à une époque très rapprochée, la seule matière employée couramment dans la construction des chaudières à vapeur. On a commencé récemment à se servir d'acier doux et l'emploi de ce métal se répand très rapidement. Le premier avantage de l'acier est sa plus grande résistance, qui est de 30 à 36 pour 100 supérieure à celle du fer. Les chaudières d'acier peuvent donc, à pression égale, être faites plus légères qu'en fer; c'est un très important avantage pour certaines applications. On peut aussi à poids égal faire supporter aux chaudières une pression plus élevée, point intéressant dans le cas de chaudières chauffées extérieurement, où il y a une limite à l'épaisseur des tôles, ou encore, dans ce cas, donner aux chaudières un plus grand diamètre.

On peut ajouter que l'épaisseur modérée des tôles que permet l'emploi de l'acier est une condition très favorable pour la bonne confection des joints, les diverses parties peuvent être plus facilement cintrées et embouties, l'assemblage et le rivetage se font mieux et on est plus assuré de la perfection du travail.

La plus grande résistance n'est pas le seul avantage de l'acier; il a de plus une ductilité supérieure et une limite d'élasticité plus élevée par rapport à la tension qui détermine la rupture. Malheureusement, si on peut invoquer comme avantage la ductilité supérieure, on doit ajouter que ce n'est qu'à condition que cette ductilité existe réellement, ce qui n'a pas toujours lieu. On ne peut nier que des cas bien constatés n'aient, malgré l'extension rapide de l'emploi de l'acier pour les chaudières, laissé subsister des doutes dans certains esprits relativement à la sécurité de l'emploi de ce métal.

Il est juste de dire que la plupart des échecs observés étaient dus à l'emploi d'acier impropre à l'usage prévu, notamment d'acier dur, mais on a également pu constater des défauts très graves dans certaines tôles d'un lot ou même dans certaines parties d'une tôle, le reste étant parfaitement sain; des tôles déjà cintrées et embouties sans accident ont éprouvé des ruptures dans la suite du travail. Toutefois, à mesure que les chaudronniers se sont familiarisés avec la manière de travailler les tôles d'acier, on a eu moins de faits de ce genre à constater. On a remarqué en effet que, lorsqu'une tôle est chauffée sur toute son étendue dans un four et que le rabattage se fait sur la circonférence entière, il y a beaucoup moins de chances de fissures que lorsque la tôle est chauffée par parties à la forge et rabattue en plusieurs fois.

Le chauffage de la tôle entière supprime ou atténue les tensions locales dues aux différences de dilatation et de contraction, et il y a moins de chances de trop chauffer le métal. L'expérience semble indiquer que l'acier se comporte très différemment à des températures différentes; à froid ou à la chaleur rouge, il supportera un traitement qui amènera sa rupture en fragments ou tout au moins sa détérioration complète à des températures intermédiaires.

L'inspection des tôles avariées fait voir que la ductilité a fait défaut dans les parties où se sont produites les fractures, et que ce fait est dû moins à la qualité de la matière qu'au travail effectué à une température trop basse ou trop élevée.

C'est une simple affaire de précaution, et on peut dire que l'acier de qualité convenable pour la confection des chaudières étant plus ductile et plus homogène que le fer se laissera mieux travailler que ce dernier; on sait, en effet, qu'il faut des qualités spéciales de fer pour supporter un travail un peu délicat et que même les meilleures marques sont sujettes à présenter des défauts de fabrication. Mais, quel que soit le mode de chauffage employé pour l'acier, four ou forge, le métal doit toujours être recuit après le travail.

Malgré ces difficultés, l'usage de l'acier se répand et il existe déjà actuellement des milliers de chaudières de ce métal; il n'y a donc pas eu d'inconvénients graves dans la fabrication ou dans l'emploi de ces engins. M. William Parker, inspecteur en chef du Lloyd, dans un mémoire lu en 1881 à l'*Institution of Naval Architects*, constatait qu'à part le cas bien connu des chaudières du *Livadia*, yacht de l'empereur de Russie, il avait eu à inspecter la construction de onze cents chaudières en acier, sans avoir constaté un seul fait de fracture dans les tôles pendant le travail.

Il est bien reconnu que la ténacité et encore plus la ductilité sont modifiées dans le métal des chaudières par un long usage. Pour apprécier à quel degré se produisent ces modifications pour l'acier, M. Barnaby a fait récemment une série d'expériences aux Cyclops Works à Sheffield. Il a pris une série d'échantillons de tôles d'acier Siemens et Bessemer et de fer de Cammell et de Bowling et les a soumis à des chauffages et refroidissements

répétés, de manière à reproduire les conditions de travail des chaudières à vapeur. Les essais faits ensuite sur ces échantillons n'ont indiqué aucune détérioration sensible du métal, bien que certaines pièces aient été chauffées et refroidies soixante fois. D'autres expériences ont été faites en laissant les échantillons seize jours sous l'autel d'un four à recuire, de manière que, sans éprouver l'action directe de la flamme, ils fussent soumis pendant le jour à la chaleur rouge et à une plus basse température pendant la nuit. Pendant ce temps les pièces perdirent trois millimètres d'épaisseur par l'oxydation. Les essais faits ensuite firent voir que l'acier avait conservé ses qualités primitives beaucoup mieux que le fer, ce qui n'est pas de nature à décourager dans la voie de l'extension de l'usage de l'acier pour les chaudières.

On commence à employer également l'acier pour les rivets; on doit les chauffer à une température moins élevée que les rivets en fer, et, comme il serait difficile avec les moyens ordinaires d'apporter assez de précaution dans cette opération, on doit conseiller l'emploi de fours à chauffer les rivets maintenus à une température très régulière.

Les rivets d'acier sont déjà très employés dans la construction des navires et leur usage deviendra bientôt général dans celle des chaudières. Ils ont une plus grande résistance, et une autre considération porte à leur donner la préférence, c'est l'action corrosive que le fer exerce sur l'acier, lorsque ces deux métaux sont en communication électrique. Les personnes que cette question intéresse sauront gré à l'Amirauté des expériences très concluantes qu'elle a fait faire à Portsmouth, où des plaques de fer et d'acier, les unes en connexion et les autres en non-connexion électrique, ont été immergées pendant six mois. Les expériences, qui ont été communiquées à l'*Institution of Naval Architects* en 1883, par M. J. Farquharson, ont montré que, dans le cas de la connexion électrique, la perte de poids par oxydation avait été double de la perte dans l'autre cas. D'autres expériences ont confirmé ces faits. Il en résulte également que l'acier est en lui-même un peu plus sujet à la corrosion que le fer; mais la différence est assez faible et la supériorité de l'acier à d'autres points de vue assez grande pour que l'acier soit appelé à se substituer au fer pour la construction navale.

Une précaution très importante dans la construction des chaudières est d'enlever l'oxyde de la surface des tôles. Des expériences faites par l'Amirauté ont montré que la présence d'une couche d'oxyde à la surface de tôles d'acier dans certaines places amène la corrosion rapide des parties où il n'y a pas d'oxyde, comme le ferait la présence du cuivre. On conseille donc de décaper les tôles avec de l'acide chlorhydrique étendu ou avec une dissolution de sel ammoniaque.

Il y a encore une remarque à faire au sujet de la comparaison entre le fer et l'acier. Les meilleures marques de tôles de fer sont d'un prix élevé et on les réserve pour les coups de feu, pour les parties qui doivent être fortement embouties ou rabattues, etc., mais pour le reste beaucoup de chaudronniers se servent de fer de qualité ordinaire, quelquefois très mé-

diocre. On voit même trop souvent employer des tôles qui ne devraient pas entrer dans la construction des chaudières ; ainsi certains fabricants sont obligés de poinçonner les tôles d'abord et de les cintrer après, pratique qui est toujours mauvaise, mais qui est extrêmement dangereuse avec des tôles médiocres, parce qu'il peut, pendant le cintrage, se produire des commencements de rupture dans la ligne des trous de rivets. L'inconvénient signalé ici de la différence de qualité des tôles dans les diverses parties des chaudières est beaucoup moins à craindre avec l'emploi de l'acier.

Pour le rivetage, il faut avoir grand soin d'enlever les bavures produites par le forage des trous; avec le poinçonnage, il y a une autre précaution à prendre, c'est d'avoir à l'intérieur le petit diamètre des trous; il faut donc poinçonner les tôles supérieures sur la face inférieure et les tôles de dessous sur la face supérieure.

L'effet du poinçonnage sur les tôles d'acier varie non seulement avec la qualité de la matière, mais encore avec l'épaisseur des tôles.

Les expériences faites sur les tôles des chaudières du *Livadia* ont fait voir que le poinçonnage de tôles Bessemer ou Siemens d'une épaisseur supérieure à 15 millimètres, avec le maximum de différence entre les diamètres des poinçons et des matrices compatibles avec un bon travail, fait perdre à la tôle 30 pour 100 de sa ténacité, tandis que l'alésage des trous et le recuit des tôles leur rend leurs qualités primitives.

Le professeur Kennedy, dans les expériences qu'il a faites pour l'*Institution of Mechanical Engineers*, en opérant sur des tôles d'acier de 6 et 9 millimètres d'épaisseur, a constaté que la ténacité du métal était augmentée entre les trous de rivets par la localisation de l'extension et que l'affaiblissement dû au poinçonnage se trouvait ainsi plus que compensé; une différence de 1 1/2 millimètre sur le diamètre des matrices pour des tôles de l'épaisseur indiquée ci-dessus ne donne d'ailleurs pas d'affaiblissement sensible dans la résistance du métal.

L'accident du *Livadia* avait, pendant quelque temps, fait renoncer au poinçonnage, mais on y revient maintenant. Toutefois, certaines maisons de premier ordre continuent à le proscrire; elles forent les trous en poinçonnant un petit trou qu'on alèse pour l'amener au diamètre définitif; quelquefois on profite de cette opération pour forer les trous de la tôle inférieure préalablement assemblée avec l'autre par quelques boulons.

Les joints longitudinaux à recouvrement sont mauvais avec les tôles de forte épaisseur, on doit employer des assemblages à couvre-joints à double et triple rang de rivets. Les couvre-joints doivent toujours être pris dans des tôles et non dans des fers plats. Les joints circulaires se font généralement à recouvrement et à simple rang de rivets, mais pour les chaudières marines il est préférable d'avoir deux rangs.

Dans la discussion qui a suivi la lecture du mémoire de M. Smart, il a été présenté d'intéressantes observations. M. Webb a signalé le bon effet sur la conservation des tôles d'acier du zinc dont il met 12 kilogrammes dans la poche de vidange de ses chaudières de locomotives; avec cette précaution

il assure la durée à peu près indéfinie de la partie extérieure des chaudières.

M. Lavington E. Fletcher a indiqué plusieurs faits pour appuyer les observations du mémoire sur les précautions à prendre pour le travail des tôles d'acier; il faut éviter le chauffage inégal des tôles; aussi est-il préférable de cintrer à froid lorsque l'épaisseur le permet; sinon il faut employer de grandes précautions pour chauffer également les tôles de forte épaisseur comme celles des chaudières marines; on peut citer un cas tout récent où une chaudière de ce type de $3^m,96$ de diamètre et 4^m90 de longueur, s'est rompue à l'épreuve à la presse hydraulique sous une pression de 17 kilogrammes par centimètre carré, et l'insuffisance de résistance doit être attribuée à la cause qui vient d'être signalée.

Frein restituteur pour tramway. Nous avons, dans la Chronique de mai 1880, page 643, parlé de l'essai fait à Londres d'un appareil dit en anglais *restarter*, destiné à faciliter le démarrage des voitures de tramway en rendant à ce moment la puissance détruite par l'action du frein lors de l'arrêt. On a depuis beaucoup étudié cette question et proposé divers systèmes, mais aucun ne paraît avoir réussi, car, dernièrement encore, une Compagnie de tramways proposait un prix pour la meilleure solution du problème.

Il a été fait, au mois de mars de cette année, une communication sur ce sujet au club des Ingénieurs de Saint-Louis (États-Unis), par M. J.-B. Johnson.

L'auteur constate que, dans tous les essais dont il a eu connaissance, les ressorts servant à emmagasiner l'énergie lors de l'arrêt ont invariablement cassé. Il a donc cherché à se rendre compte de l'effet et a fait la théorie de ces appareils.

Nous ne donnerons que les conclusions.

Si on appelle P'' le poids de la voiture chargée de voyageurs, et P' le poids du ressort, on a $P = P' + P''$.

L'auteur, en prenant pour point de départ que de l'acier ayant une résistance extrême de 42 à 45 kilogrammes par millimètre carré peut emmagasiner 2 kilogrammètres par kilogramme, arrive à établir une expression de la forme

$$P' = \left(\frac{V^2}{55\,300 - V^2}\right) P''.$$

V étant la vitesse exprimée en pouces par seconde.

Si la vitesse de la voiture est inférieure à la racine carrée de 55 300, c'est-à-dire moindre que $6^m,10$ ou 21 600 mètres à l'heure, le poids P pourra avoir une valeur finie, mais, à cette limite, pour une valeur finie de P'' le poids du ressort aura une valeur infinie. Si P'' est nul, P' sera indéterminé, c'est-à-dire qu'à cette vitesse, quelles que soient les dimensions du ressort, il ne pourra emmagasiner que l'énergie due à son propre poids. Au delà de cette vitesse, il ne pourra même pas emmagasiner l'énergie due à son poids, car P'' deviendrait négatif.

Si on prend le cas d'une voiture ordinaire des tramways de Saint-Louis

pesant 2 083 kilogrammes vide et 6 206 kilogrammes avec sa charge maxima de 65 voyageurs, on tirera de l'équation ci-dessus pour P' une valeur de 1 540 kilogrammes. Il est évident qu'un ressort de cette dimension ne saurait être installé sur une voiture de tramway.

L'auteur va plus loin et examine la question sous les trois points de vue suivants :

1° Calculer l'épaisseur d'un ressort en spirale de diamètre et longueur donnés capable d'absorber l'énergie de la voiture en mouvement;

2° Calculer la section et la longueur d'un ressort capable d'absorber l'énergie de la voiture sans faire glisser les roues;

3° Calculer l'effet d'un ressort de section raisonnable proportionné de manière à ce qu'il arrive à sa limite de travail lorsque les roues commencent à glisser sur les rails.

Dans le premier cas, si le diamètre de la spirale est de $0^m,375$ et sa longueur de $1^m,250$, le ressort devant peser 1 540 kilogrammes, le diamètre de l'acier serait de $0^m,150$, dimension qui rendrait impossible la confection du ressort, mais, lors même qu'on pourrait le faire, l'effort exercé à la circonférence des roues, 27 600 kilogrammes, amènerait le glissement immédiat de celles-ci sur les rails, comme on peut s'en rendre compte facilement.

Dans le second cas, on trouverait pour le ressort de $0^m,185$ de diamètre une longueur de $4^m,50$, la course de compression atteindrait $1^m,45$; c'est inadmissible en pratique.

Enfin, pour la troisième question, on trouve qu'un ressort du poids de 225 kilogrammes, en acier de 25 millimètres de diamètre, enroulé en spirale sur $0^m,375$ de diamètre et 1 mètre de longueur, calculé pour un effort maximum de 3 850 kilogrammes à la circonférence des roues ce qui correspond au commencement du glissement des roues avec leur charge maxima, ne pourrait emmagasiner que 15 pour 100 de l'énergie de la voiture en mouvement. Ce n'est pas la peine d'employer un appareil donnant une si faible restitution.

M. Johnson pense que la solution de la question serait plutôt dans l'emploi d'un ressort d'air comprimé; le poids de l'air est insignifiant et le degré de compression n'a pour ainsi dire pas de limites. L'élévation de température déterminée par la compression n'est pas à craindre, parce que la chaleur sera instantanément absorbée par le métal de l'enveloppe.

On pourrait arriver à un cylindre de $1^m,50$ de longueur et $0^m,25$ de diamètre en fer, pesant avec ses accessoires 110 à 112 kilogrammes. Cette solution est réalisable; maintenant le bénéfice est-il suffisant pour justifier l'emploi de l'appareil?

La puissance vive de la voiture en mouvement sur niveau n'est pas supérieure à 1 650 kilogrammètres, dont les deux tiers seulement, soit 1 090, peuvent être utilisés pour la remise en marche, et cela dans le cas du chargement complet de 65 voyageurs. Si le nombre des voyageurs est bien moindre, 25 par exemple, la puissance vive ne sera plus que de 994 kilo-

grammètres dont 656 seulement seront disponibles ; ce chiffre représente le travail d'un cheval pendant 10 secondes ou celui de deux pendant 5 secondes. Si on suppose 20 arrêts par voyage aller et retour et 2 voyages de 1 heure et demie chacun pour le travail journalier d'un cheval, l'économie totale de travail réalisée correspond au travail d'un cheval pendant 3 minutes et un tiers, soit 2 pour 100 du total. Si on considère que le démarrage se fait au pas, ce qui fatigue beaucoup moins les chevaux, on peut se demander si l'appareil en question a réellement quelque utilité, lors même qu'il n'y aurait aucune difficulté à le réaliser.

Les frais de traction proprement dits sur les tramways à traction animale représentent à peu près 30 pour 100 des dépenses totales d'exploitation, de sorte qu'une économie de 2 pour 100 sur les premières conduit à un bénéfice définitif de 6 pour 1 000. Ce serait encore acceptable, malgré la modicité de ce chiffre, s'il n'y avait pas de compensation ; mais, si on suppose que l'appareil pèse 135 kilogrammes, ou 4 pour 100 de la charge à traîner, la traction coûtera 4 pour 100 de plus et, comme l'économie n'est que de 2 pour 100, le résultat net de l'opération se chiffrera par une perte de 2 pour 100.

M. Johnson conclut donc que :

1° Il est absolument impossible d'emmagasiner la puissance vive d'une voiture de tramway chargée et marchant à dix kilomètres à l'heure dans un appareil consistant en ressorts d'acier.

2° Une partie importante de cette puissance vive peut être recueillie dans un cylindre contenant de l'air qui se trouve comprimé et peut être utilisée pour la remise en mouvement du véhicule ;

3° Le travail imposé aux chevaux pour la traction du poids supplémentaire représenté par l'appareil restituteur est supérieur à l'économie de travail qui peut résulter de l'emmagasinage de la puissance vive du véhicule en mouvement.

L'auteur termine en citant la description donnée, par un journal soi-disant sérieux, d'un appareil destiné à remplacer les chevaux pour la traction sur les tramways et composé de 80 ressorts d'acier qu'une machine fixe devait tendre pour qu'ils donnassent ensuite le mouvement à la voiture. L'inventeur avait poussé la précaution jusqu'à placer un appareil de remontage à bras que le conducteur aurait fait mouvoir au cas où, par accident, le ressort serait arrivé à fond de course avant que la voiture n'eût atteint son terminus. Il est clair que le susdit conducteur ferait beaucoup mieux, en pareil cas, de descendre de sa voiture et de se mettre bravement à la pousser en recourant à la bonne volonté des voyageurs ou des passants, il utiliserait beaucoup mieux son travail.

Nous rappellerons qu'au congrès du Génie civil, en 1878, notre collègue M. Fontaine, avait, dans une très intéressante communication sur les moteurs domestiques, donné quelques chiffres sur cette question des ressorts au point de vue de la mise en mouvement des machines à coudre et montré l'extrême faiblesse du rendement. Il indiquait que, si on admet que un

kilogrammes d'acier peut emmagasiner un travail de 20 kilogrammètres, il faudra pour faire mouvoir une machine à coudre exigeant un kilogrammètre pendant une heure, avec 50 pour 100 d'effet utile, un ressort pesant 300 kilogrammes. On peut juger d'après ces chiffres ce que pèserait un ressort pour voiture de tramway. Or, le chiffre de 20 kilogrammètres par kilogramme d'acier est très supérieur à celui qu'admet l'auteur américain.

Les patentes en Angleterre. Le contrôleur général des patentes (brevets d'invention) vient de publier son rapport qui est le second depuis la mise en vigueur de l'acte de 1883 qui a, comme on sait, modifié l'ancienne législation sur la matière. On peut juger si les nouvelles dispositions sont appréciées des inventeurs par le fait que le nombre des patentes prises chaque année qui avait d'ailleurs toujours été en augmentant, de 1 211, par exemple, en 1852 à 6 241 en 1882, a sauté à 17 110 en 1884. En 1883, le chiffre avait été plus faible à cause du changement et en fait 1884 donne accroissement de 95 pour 100 sur 1883.

79 pour 100 des demandes ont été faites par des personnes résidant dans le Royaume-Uni, dont 12 356 pour l'Angleterre et le Pays de Galles, 901 pour l'Écosse et 254 seulement pour l'Irlande. Sur le reste la plus grande partie, 1 181, appartient à des habitants des États-Unis ; les Allemands figurent pour 890 et les Français pour 788. Des résidents dans 27 autres pays, dont 13 étant des possessions britanniques, figurent sur la liste pour 175 patentes ; il y en a 3 pour l'Égypte. Il n'y a eu en 1883 que trois cas d'appel contre les décisions de contrôleur, ce qui semble indiquer que ces décisions donnent satisfaction aux intéressés. Le plus grand nombre de demandes correspond au mois de janvier qui donne 2 499 ; le plus faible au mois d'août 992. Le plus grand nombre pour un seul jour correspond au 1er janvier où on a reçu 266 demandes.

On ne fait pas encore connaître le nombre de patentes délivrées sur les 17 110 demandes déposées.

La bibliothèque publique du Patent-office a reçu, en 1884, 39 508 visiteurs contre 32 748 dans l'année précédente. Les publications du Patent-office ont été envoyées à 46 villes et à un grand nombre d'administrations publiques et de sociétés savantes du Royaume-Uni, à 9 colonies britanniques, et à 9 États étrangers. Les séries complètes des spécifications abrégées ont été envoyées à 280 sociétés savantes ou littéraires du Royaume-Uni et des États-Unis.

Le nombre de dessins enregistrés en 1884 a été de 19 515, contre 17 166 en 1883, et celui des marques de fabrique de 7 104, contre 4 105 pour l'année précédente. Les recettes du Patent-office se sont élevées au chiffre considérable de 2 593 200 francs, dont 2 224 900 pour les patentes, 87 000 pour les dessins, 175 000 pour les marques de fabrique et 106 000 pour les ventes de publications.

L'excédent des recettes sur les dépenses donne un chiffre rond de un million de francs. Les plus grosses dépenses sont les traitements des fonc-

tionnaires et employés, 900 000 francs en nombre rond et les impressions 425 000 francs.

Assainissement de la ville de Blankenberghe. Le *Bulletin de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège* contient une communication faite à la section de Bruxelles le 24 janvier dernier par M. Kennis sur un projet d'assainissement de la ville de Blankenberghe dont il est l'auteur.

Blankenberghe, qui est une station balnéaire très connue, voisine d'Ostende, occupe une superficie d'environ 30 hectares dont un cinquième est bâti. La population normale est de 2 500 habitants, mais la population étrangère peut atteindre 15 000 âmes aux mois d'août et de septembre.

La situation topographique de la ville peut se résumer en un promenoir longeant la ville, se dirigeant de l'est à l'ouest et légèrement incliné vers l'ouest; parallèlement au promenoir se trouvent deux rampes d'accès; l'une partant du centre de la ville vers l'est, dite digue du comte Jean, l'autre vers le phare, à l'ouest, dite la rue du Port. Ces deux voies de communication ont à peu près la même inclinaison.

La digue du comte Jean et la rue du Port sont reliées au promenoir par des rues secondaires dites « Rampes », au nombre de sept.

Les promenoirs à la mer sont en outre reliés au centre de la ville par trois escaliers, d'une hauteur d'environ 4 mètres, suivis de rampes.

Les pavages de la ville ne présentent pas une variation de niveau de 50 centimètres.

Les eaux de la surface sont conduites dans les fossés des wateringues à l'est et à l'ouest de la ville. Après chaque averse, on trouve dans les filets d'eau de la voirie plusieurs mètres cubes de sable très fin que l'eau pluviale a enlevé dans tous les recoins et sur toutes les saillies des façades des maisons. Les eaux ménagères sont actuellement jetées dans les filets d'eau de la voie publique au moyen de tuyaux venant des éviers et débouchant sous la bordure des trottoirs.

Les matières fécales sont accumulées dans des fosses plus ou moins étanches. Toutes les maisons sont infectées des gaz de la fermentation qui se produit dans ces fosses. Les eaux qui servent à l'alimentation sont chargées de matières organiques.

Le projet consiste dans l'établissement d'une canalisation souterraine pour conduire les matières fécales, les eaux ménagères et les eaux de chasse dont on peut calculer le débit de manière qu'après le départ des matières fécales et des eaux ménagères tout le périmètre et la section mouillée par celles-ci soient rincés par le passage des eaux de chasse. En n'admettant que des liquides dont on peut très approximativement calculer le débit, on réduit à un minimum les variations de niveau dans l'égout et l'on ne s'expose pas aux émanations que donnent dans les égouts les parois successivement mouillées et exposées ensuite à l'air. L'admission

des eaux pluviales dans les égouts expose à de grandes variations de niveau et à l'introduction des sables fins dans les égouts.

La section transversale de l'égout est constituée par un tiers de cylindre de 0m,15 de diamètre pour radier, deux plans inclinés à 60 degrés rejoignent les banquettes à 0m,50 au-dessus du radier. L'accès pour la visite et le curage est assuré par deux pieds-droits de 0m,17 de hauteur au-dessus des banquettes surmontés d'une voûte en plein cintre de 0m,84 de diamètre. Dans cette section libre peut circuler sur les banquettes un wagon muni de vannes de curage.

La section transversale de l'égout projeté s'écarte tant soit peu de la section ovoïde que l'on donne ordinairement aux égouts. Le passage des matières y subira, à la vérité, un frottement plus considérable ; mais aussi, pour la même raison, le rinçage des parois par les eaux de chasse sera plus efficace et cela d'autant plus que tous les radiers sont inclinés au minimum à 3 millimètres par mètre, beaucoup ont des pentes de plusieurs centimètres et les eaux de chasse sont projetées tangentiellement aux radiers avec une vitesse dépassant 1m,20.

Ces pentes relativement considérables, eu égard à la situation topographique de la ville, ont été obtenues en divisant le réseau en 31 tronçons se réunissant dans un émissaire unique et en réduisant ainsi à un minimum les longueurs à parcourir par chacun des tronçons.

Les tuyaux de chute venant des maisons sont moulés dans les parois de l'égout en même temps que celui-ci et dans une direction oblique par rapport à l'axe. En face de chacun d'eux se trouve moulée une rainure empêchant les matières des tuyaux de se relever et de souiller les parois.

Les tuyaux de chute seront prolongés au travers des maisons pour déboucher au-dessus des toitures. Il n'y a que les communications des tuyaux d'éviers et water-closets qui seront munis de siphons en S avant leur jonction avec les tuyaux de chute. Ceux-ci mettront donc constamment l'air des égouts en communication avec l'atmosphère. La ventilation des égouts sera en outre prévue par les dispositions prises dans la construction des réservoirs de chasse.

Au fur et à mesure que la section d'écoulement devra être rendue plus considérable, les tuyaux de chute déboucheront dans l'égout à une hauteur plus grande au-dessus du radier.

La section de l'égout sera constante dans toute la ville et construite dans le système monolithe en béton de ciment à pierrailles de moins de 0m,02 et sur moules en tôle avec glissières coniques et appareil de décintrement mécanique employés dans la plaine de Gennevilliers. Des longueurs de 3 mètres seront ainsi successivement coulées. Après quinze ou vingt minutes on décintrait, on avançait le moule et les collerettes.

Les réservoirs de chasse sont obtenus par le prolongement de 4 mètres de l'égout au delà du dernier tuyau de chute de chacun des 31 tronçons d'égout. Un mur pignon en amont et un autre en aval donnent une capacité pour l'eau d'environ 2 000 litres.

Ces réservoirs sont munis d'un siphon annulaire formé d'un tuyau et d'une cloche.

Le tuyau traverse le fond et plonge dans une cuvette dont le niveau d'eau est à quelques centimètres au-dessus du sommet du radier de l'égout. La cloche est posée concentriquement au tuyau qui reste avec son extrémité supérieure à quelques centimètres en dessous du dôme de la cloche, tandis qu'au bas de la cloche un espace est réservé pour permettre l'accès de l'eau dans l'appareil.

Un robinet de 0m,03 de diamètre de passage alimente le réservoir. L'eau montant successivement chasse l'air de la cloche.

La chute de l'eau dans le tuyau central détermine une succion qui amorce le siphon et donne lieu à la vidange de tout le réservoir par un tuyau de 0m,10 de diamètre.

Toutes les matières d'égout et les eaux de chasse, les eaux drainées le long des parois extérieures de l'égout sont réunies dans une citerne dont l'air se trouve en communication directe avec les cendriers des générateurs à vapeur.

Les pompes sont du système Western, à action directe, dont tous les organes sont combinés pour le service spécial des pompes à « sewage. »

Dans une même salle de machines se trouvent deux de ces appareils (alors que l'un d'eux est en mesure d'assurer le service), et les pompes du même système pour élever l'eau du canal de Bruges à Blankenberghe dans un réservoir château-d'eau de 450 mètres cubes de capacité établi dans les combles du Casino, à 22 mètres au-dessus du niveau général des rues de la ville.

De ce réservoir rayonnent des conduites dans toutes les rues pour alimenter les réservoirs de chasse et les robinets du service d'incendie. Ultérieurement, quand on aura drainé les eaux des dunes, toutes les installations prévues pourront conduire les eaux potables à domicile.

Les eaux pluviales continueront à circuler le long des filets d'eau de la voie publique, y déposeront à chaque averse leurs sables et se rendront ensuite dans les deux wateringues où, depuis de nombreuses années, elles ont été des plus utiles pour les pâturages pendant les grandes sécheresses.

Les matières d'égout sont aspirées par les pompes dans la citerne et refoulées à deux kilomètres de Blankenberghe vers trente-deux hectares de terres d'un même tenant, situées dans une direction telle que les vents dominants de la contrée passant sur elles vont directement à la mer sans passer ni sur Blankenberghe, ni sur le village de Wylkerque, ni sur aucune agglomération bâtie. Ces terres, fortement chaulées et drainées, auront pour émissaire principal du drainage un petit cours d'eau qui, en serpentant ensuite au travers des pâtures, retournera l'eau au canal. Les matières d'égout, filtrées au travers de ce sol, laisseront leurs principes fertilisants au sol, et l'eau claire et limpide, comme on en obtient aux drains de la plaine de Gennevilliers, retournera au canal.

L'ensemble du système fait donc servir l'eau du canal à l'assainissement

de la ville et à la fertilisation des champs. Le montant du devis, y compris les conduites d'eau, château-d'eau, service des incendies et des irrigations et 5118 mètres d'égouts, s'élève à 460 000 francs, en nombre rond.

Les télégraphes aux États-Unis. D'après une note que nous trouvons dans l'*Engineering News*, les États-Unis auraient 263 950 kilomètres de lignes télégraphiques, 14 402 bureaux et auraient expédié, l'année dernière, 57 942 247 télégrammes. Ces chiffres donnent plus du triple comme longueur, et presque le double comme nombre de bureaux et de télégrammes, par rapport à ceux des autres pays qui viennent en tête.

Comme longueur, ces derniers seraient la France avec 73 860 kilomètres, l'Allemagne avec 72 560; l'Autriche avec 50 100, et, dit le journal Américain, l'Australie avec 35 150 kilomètres. La Grande-Bretagne ne viendrait qu'après comme longueur de lignes, mais elle tient la tête pour le nombre de télégrammes, 31 345 880, ce qui fait un peu plus de la moitié du chiffre correspondant pour les États-Unis.

Pour le nombre des bureaux télégraphiques, l'Allemagne vient la première avec 7 366, et la Bulgarie la dernière avec 37.

Le touage. Malgré les avantages importants qu'il présente pour la traction des bateaux sur les voies navigables intérieures, le touage est relativement peu employé. Ainsi il n'existe pas en Angleterre; aux États-Unis, on en a fait l'essai avec très peu de succès sur une faible partie du canal de l'Érié. En Belgique, il y a 28 kilomètres de chaîne pour 2 000 kilomètres de voies navigables, ce qui représente 1 1/2 pour 100; en France, les diverses compagnies de touage de la Seine et celle de l'Yonne, ont 441 kilomètres de chaîne pour 13 000 kilomètres de voies navigables, soit 3 1/2 pour 100. En Allemagne, il y a, pour 11 600 kilomètres de voies navigables, 883 kilomètres de chaîne, soit 8 pour 100, et 120 kilomètres de câble ou 1 pour 100, ensemble 1 003 kilomètres ou 9 pour 100. L'Autriche a 180 kilomètres de touage à chaîne, sur le Danube entre Presbourg et Pochlarn.

Le pétrole en Amérique. Le production du pétrole brut aux États-Unis s'est élevée en 1884 au chiffre formidable de 24 089 758 barils de 42 gallons, soit 160 litres; la presque totalité provient des puits de Pensylvanie et de l'État de New-York, car les autres n'ont fourni que 467 000 barils. La valeur totale de la production, au prix moyen sur place de 4 fr. 25 le baril (un peu plus de 2 1/2 centimes le litre), représente une somme de 102 millions de francs.

L'année précédente, la production avait été inférieure de 689 529 barils, mais comme le prix moyen sur place était de 5 fr. 50, la valeur totale de la production a été, en 1884, malgré l'accroissement notable de cette production, inférieure de près de 27 millions de francs à celle de l'année précédente.

Un fait intéressant à noter est le développement de la production du pétrole en Californie; cet État vient aujourd'hui comme importance à ce point de vue, immédiatement après la Pensylvanie et l'État de New-York; après la Californie, viennent la Virginie occidentale, l'Ohio et le Kentucky. Le Colorado, le Wyoming et le Nouveau-Mexique ne donnent encore que des traces de pétrole.

La Californie n'a produit en 1878 que 15 227 barils de 42 gallons; en 1879, 19 858; en 1880, la production s'élevait à 42 400; en 1881, à 50 000; en 1882, à 70 000; l'augmentation s'est accentuée encore en 1883, et on pense que la production de 1884 aura atteint 100 000 barils. La totalité de cette production est consommée dans l'État même, plus une notable quantité importée des États de l'Est.

La valeur du gaz naturel employé en 1884 aux États-Unis pour les emplois industriels et domestiques est évaluée à 7 millions de francs, en nombre rond, contre 2 1/2 millions en 1883; cette valeur est celle du combustible solide que remplace le gaz naturel.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MAI 1885.

Rapport de M. TRESCA sur le **système de locomotive Compound**, de M. MALLET.

Nous devons nous borner à rappeler que ce rapport est le dernier fait pour la Société d'Encouragement par notre très regretté Président honoraire et à exprimer à cette occasion nos sentiments de reconnaissance à sa mémoire.

Rapport de M. LAVOLLÉE au sujet d'une proposition de M. DELAURIER, relative à la **revision de l'article 20 de la loi de 1844 sur les brevets d'invention.**

Cet article dispose, comme on sait, que la cession totale ou partielle d'un brevet ne pourra être faite que par acte notarié et après le payement de la totalité de la taxe.

Cette obligation est particulière à la France, et le rapporteur est d'avis que, gênante pour les inventeurs et rendant plus difficile la cession des brevets, elle peut être supprimée, sans perte pour le Trésor, et avec profit pour les brevetés.

Clapet de retenue pour appareils à vapeur. A la suite de l'accident de Marnaval, l'administration a recommandé aux maîtres de forges de faire usage d'un clapet d'arrêt de vapeur à installer sur chacun des générateurs constituant un groupe desservi par une conduite commune. Le clapet doit se fermer automatiquement en cas de rupture.

Une disposition construite dans les ateliers de M. Artige, à Grenelle, est ici décrite.

C'est un clapet soutenu par un ressort et intercalé sur la conduite de vapeur. A l'état normal, ce clapet reste suspendu et n'oppose pas d'obstacle à l'écoulement de la vapeur; mais si, par suite d'une rupture, cet écoulement prend une intensité anormale, il s'établit une différence de pression entre le dessus et le dessous du clapet, lequel vient s'appliquer immédiatement sur son siège.

Cet appareil a été expérimenté sur une conduite de 45 millimètres de diamètre, on a reconnu qu'il remplissait les conditions suivantes :

En service normal, il ne crée aucune résistance nuisible sur le passage de la vapeur;

En cas de rupture de la conduite ou de l'un des récipients qu'elle dessert, il se ferme immédiatement et sans choc et empêche la vapeur de sortir de la chaudière sur laquelle il est fixé.

Enfin, dès que l'avarie est réparée, il s'ouvre de lui-même et se trouve de nouveau prêt à fonctionner.

Notes sur **les desséchements de la vallée du Pô**, par M. A. Hérisson.

De l'Iridium, son état naturel, sa fusion, son dépôt par voie électrique et ses applications dans les arts. (Traduit du journal *Of the School of Mines.*)

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

MAI 1885.

Étude sur **la résistance des matériaux dans les murs de soutènement**, par M. HETIER, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Le but de ce travail est, en profitant des résultats acquis, d'établir à l'aide des principes de la résistance des matériaux des formules et des procédés pratiques pour construire des murs solides sans dimensions exagérées. On y étudie les murs qui doivent soutenir de l'eau ou murs-barrages et ceux qui doivent soutenir des remblais ou murs de soutènement.

L'auteur examine successivement la manière dont cèdent les murs de soutènement, l'évaluation de la poussée dans les divers cas, les pressions et les tensions dans les sections du mur et leurs variations, et arrive à poser les équations différentielles du problème. Après ces généralités, les murs-barrages avec ou sans contreforts et les murs de soutènement également avec ou sans contreforts, et les murs en pierres sèches, les perrés, etc., sont étudiés en détail et des applications numériques sont faites dans chaque cas.

Note sur l'**installation de l'éclairage électrique à l'hôtel de ville**, par M. BARTET, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Cette note décrit l'installation exécutée et les résultats obtenus dans la période du 20 octobre 1883 au 26 avril 1884.

On disposait, pour la force motrice, de vapeur à $6^k,5$ fournie par deux chaudières de Naeyer; cette vapeur est utilisée dans deux machines Compound de 50 chevaux nominaux chacune, actionnant un même arbre de transmission qui donne le mouvement aux machines dynamos. Celles-ci, au nombre de deux, sont du système Edison, type K ancien modèle, et pouvant alimenter chacune 250 lampes A de 16 candles; les machines sont accouplées en batteries, elles ont une force électromotrice de 110 volts et chacune peut fournir un courant de 190 ampères; la vitesse de rotation est de 920 tours.

Les lampes du plus petit modèle sont seules installées deux à deux sur le même circuit; la majeure partie des lampes est placée en dérivation, c'est-à-dire que le courant ne les traverse pas successivement, mais se ramifie en autant de courants dérivés qu'il y a de lampes. Cette disposition, en offrant un grand nombre de débouchés au courant, diminue la résistance du circuit extérieur. Il faut toutefois avoir la précaution d'installer près des dynamos un régulateur agissant directement sur l'intensité du

courant dérivé qui traverse les électro-aimants, pour faire varier l'intensité du courant général.

Il y a 447 lampes appartenant à trois modèles : les lampes A, de 32 candles; les lampes B, de 16, et les lampes C, de 8; les premières sont au nombre de 429. Un cheval alimente 4,5 des premières, 7,5 des secondes et 15 des troisièmes; en moyenne, on obtient la lumière de 13 carcels de 9,5 candles par cheval.

La dépense totale d'exploitation pendant la période indiquée ci-dessus a été établie comme suit :

Salaire des électriciens et mécaniciens.	fr.	5039 80
Huile, bidons, chiffons, tresses en coton, etc . . .		1568 20
Location du matériel d'éclairage et lampes		2330 »
Dépenses diverses.		3190 41
Total.	fr.	12128 41

Mais, comme les dépenses diverses constituent en réalité des dépenses d'installation qui avaient dû être imputées au crédit d'entretien, il ne faut prendre que 8938 francs et y ajouter 5868 fr. 24 pour 139720 kilogrammes de charbon brûlé; en comptant pour intérêts et amortissement 10 pour 100 des 100000 francs qu'a coûté l'établissement du matériel moteur et du matériel électrique, on arrive à un total de 24806 fr. 24, qui donne 0 fr. 1386 par foyer heure. Il faut retrancher de ce chiffre la partie correspondante à la location des appareils pour faire la comparaison avec les autres systèmes d'éclairage; il resterait donc seulement 0 fr. 126; la dépense serait pour l'éclairage à l'huile de 0 fr. 130, et pour le gaz de 0 fr. 058.

L'éclairage électrique par incandescence est donc, à intensité égale, plus coûteux que le gaz, mais c'est un mode d'éclairage agréable et qui, avec les soins d'une bonne exploitation en régie, peut arriver à la régularité et à la fixité. Sous ce rapport l'expérience de l'hôtel de ville est concluante.

Note sur un **appareil enregistreur** pour la détermination simultanée de la résistance de rupture et de la déformation des matériaux de construction, par MM. H. Le Chatelier, ingénieur des mines, et L. Le Chatelier, ingénieur des ponts et chaussées.

Note sur un **appareil enregistreur de niveau**, par M. Le Chatelier, ingénieur des ponts et chaussées.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

AVRIL, MAI, JUIN 1885.

Notes diverses de **chimie analytique**, par M. CH. DE LA HARPE.

Rapport général sur la **marche de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur**, à la fin de son dix-septième exercice 1884, présenté à l'assemblée générale du 14 janvier 1885, par M. ERNEST ZUBER, président du conseil d'administration.

Rapport de M. WALTHER-MEUNIER, ingénieur en chef de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur sur **les travaux exécutés sous sa direction en 1884**.

Les chaudières inscrites sur les registres de l'Association, au nombre de 2 133 à la fin de 1883, ont eu une augmentation de 247 et une diminution de 99, ce qui porte le chiffre, au 31 décembre 1884, à 2 281, dont 1 510 en Alsace-Lorraine, 733 dans les départements français limitrophes et 38 dans le Luxembourg.

Le rapport donne les résultats du service ordinaire, visites, consultations, etc., et du service extraordinaire, essais à la presse, essais de machines et chaudières, etc. Parmi ces derniers figurent les essais d'une locomobile de MM. Quiri et C^e^, de Schiltigheim et d'une machine Corliss, du Creusot; nous avons, dans une chronique précédente, donné les résultats de cet essai. Il y a également des expériences faites sur des foyers fumivores Zacharias et Orvis, et des analyses chimiques exécutées sur des matières désincrustantes.

Le rapport se termine par le chapitre des accidents, heureusement peu nombreux, comprenant des fuites à un générateur par manque d'eau, la rupture d'un assemblage dans une chaudière à petits tubes à eau, l'explosion d'un bouilleur, celle d'un récipient d'eau chaude et enfin la rupture d'une conduite d'alimentation en fonte.

Essai du compteur à eau, système Schmid (de Zurich), rapport présenté au nom du comité de mécanique par M. W. GROSSETESTE.

Nous avons indiqué le principe de cet appareil dans la Chronique d'avril 1885, page 582; il a été installé chez MM. Schlumberger fils et C^e^ sur l'alimentation de quatre générateurs de la filature.

Mis en place le 30 septembre 1883, il a fonctionné d'abord jusqu'au 17 octobre, placé entre le réchauffeur et les générateurs; l'eau mesurée marquait jusqu'à 158° sans descendre au-dessous de 90°. Le 17 octobre, il

fallut le démonter et il fut trouvé garni intérieurement d'incrustations dues à la haute température de l'eau.

Réparé, il fut mis en place le 27 décembre 1883, entre la pompe d'alimentation et le réchauffeur, mesurant ainsi de l'eau à la température de 10° à 15°; depuis ce jour, il a fonctionné d'une manière satisfaisante.

Le contrôle se faisait par l'emploi de deux réservoirs de 3 000 litres chacun, dont l'un se vidait pendant que l'autre se remplissait et où puisait la pompe alimentaire; les chauffeurs notaient chaque jour le nombre de capacités employées.

Dans une très longue période (du 28 mai au 13 décembre) où il a mesuré 14 086 695 litres, soit en moyenne 83 353 par jour, on a fait des observations très précises qui ont donné des différences de 1,65 pour 100 en moyenne, l'écart maximum étant 1,80.

Il y aurait, paraît-il, déjà beaucoup de compteurs de ce système en service. M. Schmid a envoyé une liste où 227 sont indiqués, répartis dans les pays les plus divers.

Le rapport fait observer que l'exactitude de ces appareils dépend uniquement des soins apportés à la construction, et l'on peut dire que chacun d'eux devrait être contrôlé avant l'emploi et même, pendant l'usage, être essayé de temps à autre. Cette réserve faite, il n'en est pas moins établi qu'il est possible d'avoir, par cet appareil bien construit, une mesure exacte du volume de l'eau d'alimentation des générateurs.

Aussi, considérant que l'appareil a subi d'une manière satisfaisante les épreuves imposées, et qu'il a rempli les conditions formulées au programme des prix, le rapport conclut à ce qu'il soit décerné à M. Schmid le prix proposé.

Note sur quelques faits relatifs à **l'acide oxalique et à l'alumine**, par MM. Camille Koechlin et L. Mathieu-Plessy.

Note sur la **production du noir d'aniline**, par M. Ch. Zurcher.

Note sur un **procédé pour remplacer la terre de pipe dans l'impression sur tissu**, par M. O. Brener.

Il s'agit de l'emploi d'amidon blanc délayé avec un peu d'eau et ajouté à froid, soit aux couleurs toutes faites, soit à l'épaississement qui sert à les couper. Le prix de l'amidon blanc étant plus élevé que celui de la terre de pipe, ce procédé ne réalise pas d'économie, mais ce point est compensé par les avantages obtenus.

Analyse d'une note sur la **mesure du pouvoir lubrifiant des huiles**, par C. Woodbury, présentée par M. Poupardin.

Dans l'appareil employé, l'huile à essayer se trouve entre deux plateaux; celui du bas reçoit un mouvement de rotation et tend à entraîner le plateau supérieur; ce dernier a la forme d'un disque creux, terminé à sa partie inférieure par une surface bien plane. L'espace annulaire, laissé libre à son intérieur, permet de le faire traverser par un courant d'eau froide, afin

d'empêcher sa température de monter, par suite du frottement et de la maintenir à un point donné. Lorsqu'on veut au contraire étudier l'effet de l'augmentation de température, on arrête cette eau ; un thermomètre plongé dans un tube de cuivre qui traverse le plateau jusqu'à sa partie inférieure permet de relever exactement la quantité dont cette température s'élève.

Le plateau supérieur est chargé d'un certain poids et un dynamomètre, ingénieusement disposé, indique l'effort qui tend à entraîner le disque supérieur suivant le mouvement du disque inférieur.

L'auteur a étudié la variation de cet effort pour des températures variant de 4 à 38 degrés et la pression de $0^{kg},07$ à $2^{kg},80$ par centimètre carré. La force qui tend à entraîner le disque supérieur ne croît pas proportionnellement à la pression et cet accroissement n'est pas uniforme; cela tient à ce que l'huile qui est entre les surfaces provoque elle-même, par sa propre cohésion, une résistance.

D'une manière générale, le coefficient de frottement diminue d'une part avec la pression et de l'autre avec la fluidité de l'huile accusée par la température. La présence d'un lubréfiant fait que la constance du coefficient de frottement pour les différentes pressions n'est pas rigoureusement exacte; le problème dans ce cas se rapproche de celui de l'hydraulique concernant l'écoulement de liquides à travers de minces orifices.

On doit faire remarquer d'ailleurs que, bien que le coefficient de frottement diminue avec l'augmentation de la fluidité de l'huile, il ne faudrait pas pousser à l'extrême l'emploi d'huile très fluide, sauf pour de très faibles pressions, car la couche d'huile, pour être efficace, doit toujours pouvoir être assez épaisse pour empêcher tout contact des deux pièces métalliques considérées.

Réponse de M. Scheurer-Kestner à M. F. Fischer, concernant les **analyses des produits gazeux de la combustion de la houille**.

Note sur l'**imprégnation des échalas à la créosote**, par M. Ch. Zundel.

M. Fiedler, directeur de l'École d'agriculture de Rouffach, a recommandé depuis plusieurs années ce procédé pour donner aux échalas et tuteurs une durée de vingt-cinq à trente ans et permettre d'employer à cet usage toutes les essences de bois, au lieu d'essences fort chères de chêne et de châtaignier.

Ce procédé est aujourd'hui très employé dans le Palatinat et dans les vignobles du Rhin et de la Moselle et réussit parfaitement; de plus, la dépense est insignifiante.

Les échalas sont placés dans une chaudière verticale en tôle de $2^{m},75$ de hauteur sur $1^{m},25$ de diamètre chauffée par le bas par un foyer. Cette chaudière est remplie de créosote de houille; on chauffe pendant six à huit heures et on laisse refroidir. La créosote bouillant au-dessus de 125 degrés, chasse l'eau du bois et la remplace dans l'intérieur. On compte que mille échalas absorbent 100 kilogrammes de créosote valant 12 francs.

M. Fiedler a calculé que, pour l'Alsace-Lorraine, l'économie serait d'au-moins 1 250 000 francs par an, sans compter la main-d'œuvre que demandent 14 000 000 d'échalas pour être appointés chaque année, et, si cette opération se faisait sur tous les tuteurs, poteaux, perches à houblons, clôtures et autres qu'emploie la culture, cette économie serait doublée.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Séance de Montchanin le 19 *avril* 1885.

Communication de M. Bonnotte sur le **transport de la force motrice au moyen de la vapeur** dans les travaux du puits Saint-Léger, n° 1, aux mines de Saint-Berain.

Il s'agit d'un treuil à vapeur alimenté par de la vapeur venant du jour. La notice, devant figurer *in extenso* au Bulletin, n'est pas reproduite dans les procès-verbaux.

Communication de M. Mathet sur l'**emploi de la dynamite gelée** et les moyens propres à conserver la dynamite plastique.

L'exsudation de la nitro-glycérine étant la cause des accidents qui se produisent lorsqu'on fait dégeler la dynamite, on doit rejeter tous les moyens qui tendent à produire cette exsudation en portant la substance explosive à une température qui, comme on va le voir, ne doit pas atteindre 25 degrés, même en utilisant le bain-marie.

La note signale un certain nombre de faits d'explosions dus à cette cause; de plus l'auteur a fait, avec le concours de M. Nivon, ingénieur aux mines de Blanzy, une série d'expériences sur le dégel de la dynamite, dont les résultats sont de nature à faire modifier les termes de la circulaire du 9 août 1880, en ce qui a trait particulièrement au mode de dégel de la dynamite au bain-marie.

On peut en effet conclure de ces divers faits et expériences que :

1° L'opération du dégel de la dynamite est toujours dangereuse par le fait de l'exsudation de la nitro-glycérine;

2° Que cette exsudation se produit à une température qui ne dépasse pas 25 degrés;

3° Que l'usage du bain-marie pour dégeler des quantités notables de dynamite est tout à fait impraticable à cause du long temps qu'il exige.

L'application rigoureuse des termes de la circulaire du 9 août 1880, dans

son acception la plus étroite, serait donc la mise en demeure d'arrêter tout emploi de la dynamite par les temps froids.

Il serait nécessaire de modifier les termes de la circulaire :

1° En tolérant le transport de dépôt à dépôt de la dynamite gelée;

2° En supprimant la recommandation de l'opération du dégel au bain-marie;

3° En autorisant la création de dépôts journaliers, à proximité ou dans l'intérieur même des travaux, où s'opérera le dégel de la dynamite sans aucune espèce de danger.

A la suite de cette communication, M. Walckenaer a appelé l'attention sur la solution employée en Allemagne, qui consiste à établir des dépôts souterrains où, par suite de leur disposition même, la température est telle que la dynamite ne peut geler.

Ces dépôts sont soumis à des réglementations particulières et leur contenance est limitée à 300 kilogrammes d'explosifs de toute nature. C'est probablement là la solution la plus satisfaisante pour la conservation, à l'état de plasticité, de la dynamite employée aux travaux souterrains, et il est à désirer que l'Administration des mines modifie dans ce sens ses dernières circulaires.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 26. — 27 *Juin* 1885.

Métier à tulle avec mécanisme Jacquard, par Ernest Muller (*fin*).

Mesure de la vitesse des projectiles, par H. Lehmann.

Appareil mélangeur de Schlickeyem.

Métallurgie. — L'or.

Groupe de Berlin, — Application de l'électricité au transport par terre et par eau. — Écoulement de la vapeur.

Groupe de Bergues. — Inconvénients de la fumée des cheminées de fabriques. — Appareil pour prévenir les incendies, de Wilmsmann.

Patentes.

Bibliographie. — L'éclairage électrique par le Dr Ernst Hagen. — Anvers et l'Exposition universelle de 1885. — Bibliothèque de voyage de Griebe.— Ouvrages adressés à la Société.

Variétés. — Gaz à l'eau. — Production de pluie artificielle. — Assemblée générale de l'Association d'hygiène technique. — Coupole de l'observatoire de Nice.

N° 27. — 4 *Juillet* 1885.

Principes de construction des soupapes pour pompes et machines soufflantes, par A. Rieder.

Ponts. — Construction des ponts métalliques.

Machines-outils. — Machines à fraiser. — Mécanisme de descente de porte-outils, de Fontanié.

Groupe de Cologne.

Groupe de la haute Silésie. — Programme de l'assemblée générale.

Groupe de Siegen.

Patentes.

Bibliographie. — Loi des résistances proportionnelles et ses applications, de Fried. Kick. — Ouvrages adressés à la Société.

Variétés. — Lancements et essais de navires. — Vingt-cinquième réunion annuelle de l'association allemande pour les questions de gaz et d'eau. — Installation de l'éclairage électrique sur le navire-école d'artillerie le *Mars*. — Navigation sur les voies navigables de Berlin. — Service des patentes. — Résistance au feu des colonnes métalliques et des piliers en maçonnerie. — Éclairage électrique de l'exposition des inventions à Londres.

N° 28. — 11 *Juillet* 1885.

Ordre du jour de la vingt-sixième réunion générale de l'Association à Stettin.

Principes de construction des soupapes pour pompes et machines soufflantes, de A. Rieder (*fin*).

Électrotechnie. — Nouvelle application de l'électricité pour la métallurgie du plomb.

Groupe du Palatinat et Saarbruck. — Fabrication du coke avec condensation des sous-produits.

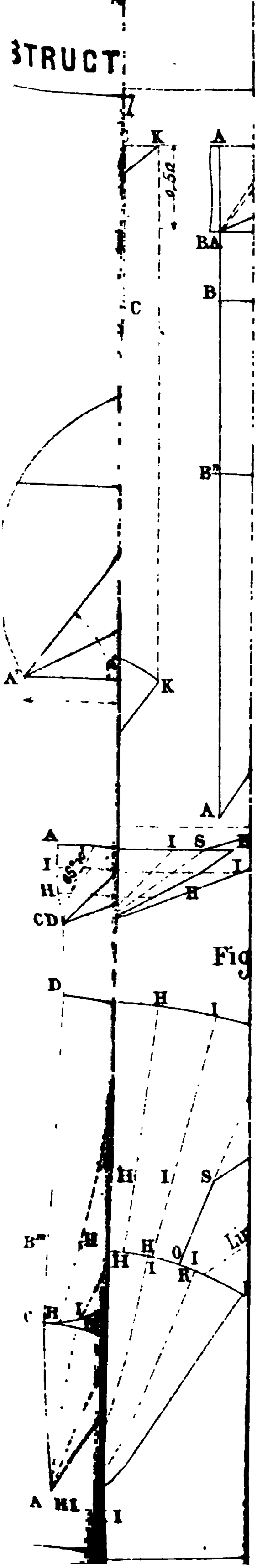
Variétés. — Assemblée générale de l'association allemande des maîtres de forges à Dusseldorf. — Amélioration de la navigation de la Moselle entre Metz et Coblentz. — Présence de l'ammoniaque dans les gaz des hauts fourneaux au coke. — Modèles pour l'enseignement.

Patentes.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. MALLET.

Paris. — Imp. E. CAPIOMONT et V. RENAULT, rue des Poitevins, 6.



STRUCT
K
A
0,5a
BA
B
C
B"
A'
K
A
A
I S
I
H
I
H
CD
Fig
D
H
I
H
I
S
B'''
H
H
0
I
H
I
R
H
I
A
HI
I

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AOUT 1885

N° 8

Sommaire des séances du mois d'août :

1° *Congrès métallurgique et géologique* tenu à Budapest, les 14, 15 et 16 septembre 1885 (séance du 7 août, page 179) ;

2° Fondation d'une *Société nouvelle d'ingénieurs et d'industriels belges*, lettre d'avis (séance du 7 août, page 180) ;

3° *Chemin de fer métropolitain* (Lettre de M. Haag relative à son) (séance du 7 août, page 181) ;

4° *Dynamomètres de traction et de rotation de M. Taurines* (Lettre de M. de Cossigny). (Séance du 7 août, page 183);

5° Observations de M. Mallet sur la lettre de M. de Cossigny (séance du 7 août, page 185) ;

6° *Compte rendu, par M. Edmond Roy, des résultats des Expériences sur un bateau à hélice mobile de son système* (séance du 7 août, pages 186 à 196) ;

7° Observations de MM. Quéruel, Carimantrand et Edmond Roy, sur la communication précédente (séance du 7 août, pages 196 à 200) ;

8° Communication de M. A. Bonnet sur un *Appareil élévatoire de 30 mètres avec chariot transbordeur* (séance du 7 août pages 200 à 207).

9° Remarques de MM. Forest, Badois et Quéruel, sur la communication précédente (séance du 7 août, pages 207 et 208).

Pendant le mois d'août, la Société a reçu :

De M. Barré de Saint-Venant, membre de l'Académie des sciences, un exemplaire de sa *Notice sur le but théorique des principaux travaux de Henri Tresca.*

De M. Vauthier, membre de la Société, deux exemplaires de sa déposition devant la commission des Voies navigables, sur l'endiguement et les mouvements des fonds de l'estuaire de la Seine.

De M. Auguste Moreau, membre de la Société, un exemplaire d'un *Rapport sur le chemin de fer métropolitain de Paris.*

De M. Alexis Godillot, membre de la Société, un exemplaire d'une *Notice sur son appareil distribuant mécaniquement le combustible sur la grille des générateurs.*

De M. J.-A. Normand, membre de la Société, un exemplaire de son *Étude sur les torpilleurs.*

De M. Tellier, membre de la Société, un exemplaire d'une note intitulée : *le véritable Métropolitain.*

De M. Munster, éditeur, un exemplaire de l'ouvrage de M. G.-B. Biadego, intitulé : *Monographie technique* (Texte et Atlas).

De M. Camus, éditeur, un exemplaire du *Manuel des candidats aux Écoles nationales d'Arts et Métiers*, par M. Delacroix.

De M. Gallizio Pietro, un exemplaire de sa notice intulée : *Di alcuni casi di resistenza dei materiali e della annualità per l'impianto e la conservazione in perpetuo di una costruzione.*

Les membres nouvellement admis sont :

MM. Gassaud présenté par MM. Édoux, Marguerite Delachalonny et Vergnol.

Verrier — Gottschalk, L. Martin et H. Tresca.

RÉSUMÉ

DU

PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE

DU MOIS D'AOUT 1885

Séance du 7 Août 1885.

PRÉSIDENCE DE M. DE COMBEROUSSE.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer à la Société, que notre confrère, M. Appert, a été promu Officier de la Légion d'honneur, et que nos confrères, MM. E. Cacheux, Ernest Herscher et Morel, ont été nommés Chevaliers de la Légion d'honneur.

M. Vernes a reçu la Croix d'officier du Nicham.

M. LE PRÉSIDENT regrette d'avoir à faire part du décès de MM. Grieumard et Louis Parent.

La Société a reçu de Budapest, au nom des Miniers et Métallurgistes hongrois, réunis aux membres de la Société géologique hongroise, une invitation au Congrès minier, métallurgique et géologique, qui se tiendra dans cette capitale, à propos de l'Exposition nationale hongroise, les 14, 15 et 16 septembre 1885. A partir du 17 septembre, des excursions de trois ou quatre jours auront lieu dans différentes directions, intéressantes pour les géologues.

Le Congrès a pour but de permettre aux mineurs, aux métallurgistes et aux géologues de faire connaissance, de nouer des relations entre eux, d'échanger leurs vues et de se communiquer les résultats de leurs études et de leurs travaux. Le Règlement dit qu'on se servira des langues hongroise, allemande et française.

Ce Règlement mentionne qu'il est désirable que chaque communication

ne dure pas plus d'une demi-heure. Les personnes désireuses de prendre part à ce Congrès sont priées d'en informer, avant le 10 août, le Comité qui siège à Budapest, afin d'obtenir les facilités de parcours, assurées déjà par les Compagnies de chemins de fer.

Le Président est M. W. Zsigmondi; le Vice-Président, M. de Kespely.

M. LE PRÉSIDENT laissera la lettre, adressée à la Société, avec les indications données en langue hongroise et allemande, à M. Husquin de Rhéville, afin que ceux de nos collègues qui auraient le désir d'aller à ce Congrès puissent avoir tous les éléments d'information nécessaires.

M. LE PRÉSIDENT ajoute qu'il a été donné avis à la Société des Ingénieurs civils de la fondation d'une Société nouvelle : la Société belge des Ingénieurs et des Industriels. Voici la lettre qui nous a été adressée dans les termes les plus cordiaux :

Bruxelles (Palais de la Bourse, rue du Midi), le 28 juillet 1885.

« Monsieur le Président,

« Nous avons l'honneur de vous faire part de la constitution de la *Société belge des Ingénieurs et des Industriels*, dont le siège est établi à Bruxelles, au Palais de la Bourse de cette ville, et de vous communiquer, avec ses Statuts, une circulaire qui indique son but et son programme.

« Nous saisissons avec empressement cette occasion, Monsieur le Président, pour adresser en son nom, à la Société des Ingénieurs civils de France, que vous présidez, l'expression de ses sentiments de haute estime et l'hommage de ses cordiales sympathies.

« Ainsi que le portent les articles 41 et 42 de ses Statuts, notre Société donne accès dans ses locaux aux ingénieurs et aux industriels de l'étranger présentés par un de ses membres.

« Nous vous prions, Monsieur le Président, de bien vouloir inviter, en notre nom, Messieurs les membres de votre Société à nous faire l'honneur d'user largement de cette prérogative pendant les séjours qu'ils seront appelés à faire à Bruxelles, et de les assurer qu'ils seront reçus parmi nous avec la plus franche cordialité.

« Nous serions infiniment honorés aussi, Monsieur le Président, s'il nous était donné de compter de vos Sociétaires parmi nos membres. Ils rencontreraient dans nos rangs l'accueil le plus empressé.

« A ce sujet, nous croyons utile de vous faire remarquer que, selon les dispositions de nos Statuts, la cotisation annuelle est réduite à dix francs en faveur de nos Sociétaires qui sont membres des Associations d'Ingénieurs sortis des Ecoles techniques tant de l'étranger que de la Belgique.

« La Société des Ingénieurs civils compte un grand nombre d'Ingénieurs qui sont dans les conditions voulues pour jouir de cette réduction.

« Permettez-nous, Monsieur le Président, de vous prier de vouloir bien es instruire de cette disposition.

« Le but commun de nos Sociétés et la confiance qu'elles ont assurément

toutes deux, dans l'efficacité de l'union de tous les efforts, nous font espérer, Monsieur le Président, que des relations actives et cordiales s'établiront entre elles et ajouteront un lien de plus à ceux qui unissent si étroitement déjà la France et la Belgique.

« C'est dans cette pensée, Monsieur le Président, que nous vous prions d'agréer l'assurance de notre haute considération et de nos sentiments dévoués.

« Pour la Commission administrative :

« *Un Secrétaire*, « *Un Vice-Président*,
« CH. LEGRAND. « C. DE BURLET. »

M. LE PRÉSIDENT croit au succès de la Société belge des Ingénieurs et des Industriels et remercie ses fondateurs de leur cordial témoignage. Nul doute que leur appel sympathique ne soit entendu de bon nombre de nos collègues.

M. LE PRÉSIDENT doit signaler encore, parmi les pièces de la correspondance, une lettre de M. Haag, relative à son projet de Métropolitain. Elle est une suite nécessaire des importantes communications que M. Haag a bien voulu nous faire, et elle est accompagnée d'un tableau synoptique qui sera également inséré au procès-verbal.

Voici la lettre de M. Haag.

Paris, 1er août 1885.

« Monsieur le Président,

« C'est par une communication à la Société des Ingénieurs civils que j'ai fait connaître pour la première fois mon projet de chemin de fer Métropolitain dans Paris : depuis lors, j'ai tenu la Société exactement au courant du développement et du progrès de mes études, et le bienveillant accueil que j'y ai constamment rencontré m'a été d'un puissant secours dans la campagne difficile que j'ai entreprise.

« Permettez-moi donc, Monsieur le Président, de protester encore aujourd'hui, dans le sein de cette même société, contre des allégations systématiquement reproduites à l'égard de mon projet, et qui ne tendraient à rien moins qu'à le faire passer pour une conception absolument chimérique et fantaisiste.

« On a répété dernièrement encore, devant la commission de classement des chemins de fer, que le kilomètre de mon projet coûterait 100 et même 200 et 300 millions. La Société des Ingénieurs civils, qui connaît mes estimations et les études laborieuses sur lesquelles elles reposent, sait à quoi s'en tenir sur la valeur de ces critiques sans bases sérieuses. Elle sait, d'après ma dernière communication (séance du 10 avril dernier), que l'ensemble du réseau que je projette avec un développement de 21 1/2 kilomètres, dont 5 1/2 à quadruple voie, nécessiterait une dépense totale maximum de 360 millions; ce qui porte à 16 1/2 millions le prix kilométrique. Mais il y a plus ; ce prix, en effet, est destiné à s'abaisser au fur et

à mesure que le réseau métropolitain se développera, les nouvelles lignes à construire devant être en général bien moins coûteuses que celles du premier réseau, pour la création desquelles la grosse difficulté du percement central de Paris se trouve une fois pour toutes résolue.

Enfin, depuis le mois d'avril dernier, j'ai fait faire d'une part un relevé exact des résultats des dernières expropriations faites dans le centre de Paris, et d'autre part des démarches auprès des propriétaires d'un certain nombre d'immeubles situés sur le tracé de mon artère centrale, en choisissant plus particulièrement les maisons d'angle. Les prix auxquels j'ai été conduit par ces derniers renseignements, et qui se trouvent consignés dans le tableau résumé ci-joint, permettent d'espérer que le chiffre moyen de 2 000 francs par mètre, auquel correspondent mes évaluations, laisse encore une marge plus que suffisante pour parer à tout mécompte.

« Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes sentiments les plus distingués.

« Paul Haag. »

CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN.

Projet Haag.

Tableau synoptique indiquant les résultats obtenus ou les prévisions de la ville de Paris pour quatre-vingt-onze immeubles similaires à ceux atteints par le tracé du chemin de fer métropolitain, Projet Haag.

RÉCAPITULATION

	Prix moyen par m. q.
11 immeubles pour l'agrandissement de la gare Saint-Lazare...	1 452f39
5 immeubles pour l'agrandissement de la Bibliothèque nationale.....	2488 24
75 immeubles pour l'ouverture de la rue Dussoubs et la création d'un opéra populaire au boulevard Bonne-Nouvelle.....	1405 50

PRIX MOYEN GÉNÉRAL.

$$\frac{29\,892\,920^{f}\,00}{19\,023^{m},97} = 1\,571^{f}27.$$

Nota. — L'estimation des immeubles à exproprier pour l'ouverture de la rue Dussoubs et la création d'un opéra populaire au boulevard Bonne-Nouvelle, a été confiée par M. Allard, ingénieur en chef de la ville de Paris, à M. Cheviron, commissaire voyer des 2e et 10e arrondissements.

Situation synoptique des pourparlers avec divers propriétaires pour obtenir des cessions amiables de dix-sept immeubles sur le tracé.

RÉCAPITULATION

	Prix moyen par m. q.
Section de la gare Saint-Lazare au carrefour Drouot.....	1618f81
Section du carrefour Drouot à la rue Saint-Martin	2347 35
Section de la rue Saint-Martin à la gare de Lyon.....	1389 51

PRIX MOYEN GÉNÉRAL.

Foncier.....	9 464 000f00	
auquel il y a lieu d'ajouter 33 0/0 pour indemnités locatives.....	3 154 666 66	
Total.....	12 618 666f66	
	6 856m,79	= 1 840f31

Nota. — Il est indispensable de faire observer que les pourparlers ont été engagés pour 60 immeubles, tous, maisons d'angle ou les plus belles du parcours, et que, dans un temps relativement court, il pourra être ajouté les demandes des propriétaires qui ont un gérant intermédiaire.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que, d'après le tableau dressé par M. Haag, tandis que la Ville atteint dans ses expropriations analogues le chiffre moyen de 1 571 fr. 27 par mètre carré, M. Haag, en s'adressant aux propriétaires, arrive au prix moyen de 1 840 fr. 31; d'où, une différence en plus de 269 francs par mètre. Mais il faut ajouter immédiatement que M. Haag a choisi, pour son évaluation, les maisons d'angle, les maisons les plus luxeuses et les plus importantes distribuées sur le parcours de son tracé. Si, avec ces maisons luxueuses, il parvient au prix de 1 840 francs par mètre carré, le prix de 2 000 francs qu'il s'est fixé ne sera jamais dépassé, et il obtiendra certainement un prix inférieur.

Nous espérons que M. Haag, après la rentrée, fera connaître à la Société les nouvelles études qu'il poursuit en ce moment.

M. LE PRÉSIDENT prévient enfin ses confrères qu'il aura à les prier de transformer en Assemblée générale extraordinaire la seconde séance du mois d'octobre. Dans cette séance, le Comité aura à proposer à la Société l'acceptation du legs Fusco, sous bénéfice d'inventaire. Une fois la décision de l'Assemblée acquise, les démarches nécessaires seront faites auprès de M. le Ministre du commerce et auprès du Conseil d'État. Plus tard, le Tribunal civil devra, sans doute, prononcer sur la marche à suivre par la Société des Ingénieurs civils et par l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale, après l'acceptation du legs et leur mise en possession.

Si l'on se plaignait que le Président eût un peu tardé à saisir l'Assemblée, il ne pourrait qu'accepter ce reproche qui s'adresserait à sa prudence, et non à sa négligence. Les intérêts d'une société comme la nôtre ne doivent pas être engagés à la légère, lorsqu'il s'agit d'une réalisation complexe et à longue échéance.

M. LE PRÉSIDENT, sur la demande de M. Quéruel, et avant de passer à l'ordre du jour, fait donner lecture d'une lettre de M. de Cossigny, qui se rapporte à la communication faite par M. Mallet, dans la séance du 10 avril dernier, en rendant compte de l'ouvrage de M. Buchetti sur l'essai des machines à vapeur.

« Courcelles-Clérey (Aube), 7 août 1885.

« Monsieur le Président,

« Dans l'intéressant compte rendu, fait par M. Mallet, de l'ouvrage de M. Buchetti : *Guide pour l'essai des machines à vapeur, etc.*, je lis la phrase suivante : « Le plus grand dynamomètre de traction qui ait jamais été exé-
« cuté est probablement l'appareil construit en 1844, pour l'arsenal de
« Woolwich, par notre vénéré collègue M. Colladon, dans le but de me-
« surer le travail transmis aux roues des bateaux à vapeur. » Cette assertion, qui eût été vraie peu de temps après 1844, est tout au moins douteuse aujourd'hui, car il y a environ trente ans que la marine nationale française possède aussi, non seulement des dynamomètres de traction, mais encore

des dynamomètres de rotation, aussi précis que puissants et susceptibles d'être adaptés aux plus grands navires; instruments dont l'invention aussi bien que la construction sont absolument françaises.

« Les appareils que je viens rappeler ici sont dus à Taurines, un ancien professeur à l'École d'artillerie de marine de Brest; qui, dès 1848, je crois, entreprit à ses frais personnels et sur un canot de petites dimensions, une série d'expériences dans le but de déterminer les proportions et les formes les plus avantageuses pour les hélices propulsives des navires.

« Taurines ne put aller loin dans ses recherches sans éprouver l'insuffisance des moyens dont on disposait alors pour évaluer les quantités de travail transmises par les divers organes des machines en mouvement; et c'est ainsi que la création de dynamomètres spécialement applicables aux navires à vapeur devint sa principale préoccupation. Plusieurs appareils, d'une très grande puissance, ont notamment été fournis par lui à l'État vers le commencement de 1856.

« Ainsi que je l'ai dit, les dynanomètres dont il s'agit sont de deux sortes; le dynanomètre de rotation, qui donne la quantité de travail transmise, pendant un temps donné, au propulseur par l'arbre de couche qu'actionne la machine à vapeur; et le dynamomètre de poussée qui donne la mesure de la force horizontale qui fait avancer le navire.

« Les énormes arbres de transmission des grands bâtiments à vapeur sont généralement composés de deux et, plus souvent même, de trois pièces, disposées presque bout à bout, suivant un même axe rectiligne. Les bouts contigus sont reliés entre eux, dans le service ordinaire, à l'aide de divers dispositifs qu'il ne s'agit pas ici de décrire. Or, lorsqu'on se dispose à faire une série d'essais, on supprime les pièces d'accouplement d'un quelconque des joints de l'arbre, et on leur substitue le dynanomètre de rotation. Quant au dynanomètre de poussée, il est disposé de manière à recevoir la pression du bout de l'arbre porteur de l'hélice, préalablement disposé, par des moyens assez simples, de manière à pouvoir se mouvoir longitudinalement de quelques centimètres dans ses coussinets. Chacun des dynamomètres proprement dits commande un appareil enregistreur qui permet de prendre, de temps à autre, autant de diagrammes qu'on le désire; et qui fait mouvoir, en même temps, un compteur-totalisateur, à cadran et à aiguilles, fonctionnant d'une manière continue pendant un temps en quelque sorte indéfini. Le cadran du premier appareil donne, à un instant quelconque, le nombre de *kilogrammètres* transmis par l'arbre moteur depuis le commencement de la mise en marche. Le cadran de l'autre dynamomètre marque le nombre qui, divisé par celui des tours de l'arbre, comptés également depuis la mise en marche, donne pour quotient l'effort moyen, en kilogrammes, qui a déterminé la marche du navire.

« Pour la construction de ses appareils, Taurines avait établi à Clichy un petit atelier où il surveillait lui-même la confection et la trempe de ses ressorts, où il les essayait et les tarait à l'aide de procédés ingénieux. Quant aux enregistreurs, aux organes plus délicats, il en avait confié la construc-

tion à l'ingénieur Froment, constructeur d'instruments de précision à Paris; j'ai eu, moi-même, à en étudier certains détails et à en diriger l'exécution [1].

« Les instruments de Taurines et les belles expériences qui ont été exécutées, avec leur aide, d'abord sous sa direction, et ensuite par plusieurs ingénieurs de la marine, ont jeté un grand jour sur le rendement réel des machines à vapeur marines, sur l'influence des diverses dispositions des hélices propulsives, sur celle des différentes formes des coques relativement à la marche. C'est en définitive à ces travaux que sont dus, en grande partie, les immenses progrès réalisés dans la navigation à vapeur. Aussi, en 1873, sur le rapport du général Morin, l'Académie des sciences a-t-elle décerné à l'auteur un prix de 3 000 francs. Cette récompense bien méritée avait d'autant plus d'à propos que Taurines est un des exemples de ces hommes instruits, intelligents et laborieux qui, tout en rendant service à leur pays et à l'humanité, n'ont pas su trouver pour eux-mêmes le chemin de la fortune. La dernière fois que j'ai eu l'occasion de le rencontrer (il y a déjà pas mal d'années de cela) il habitait un très modeste logement aux Batignolles; l'éloignement me l'a fait depuis perdre de vue, mais il était déjà âgé, et doit être mort depuis lors, vraisemblablement.

« Si vous croyez, Monsieur le Président, que cette notice puisse avoir quelque intérêt pour les membres de la Société, veuillez, je vous prie, la porter à leur connaissance, soit en en donnant lecture à une séance, soit en la faisant insérer dans le Bulletin.

« Agréez, Monsieur le Président et honoré collègue, l'expression de mes sentiments les plus distingués et les plus dévoués.

« J. de Cossigny. »

M. Mallet ne fait aucune difficulté de rendre pleine justice aux travaux de M. Taurines, qui lui sont bien connus, mais il avoue ne pas se rendre bien compte des motifs de la réclamation de M. de Cossigny.

Dans son analyse de l'ouvrage de M. Buchetti, en exprimant le regret que celui-ci n'ait pas cru devoir y comprendre les dynamomètres, il a cité en passant les noms de quelques membres de la Société qui avaient attaché leur nom à des appareils de ce genre, mais il n'a pas eu la prétention d'effleurer même la question. On ne saurait donc lui reprocher d'avoir passé sous silence le nom de M. Taurines, pas plus que celui d'autres constructeurs de dynamomètres, quel que soit d'ailleurs leur mérite.

M. Mallet a indiqué, il est vrai, que le dynamomètre de Woolwich était probablement le plus puissant dynamomètre *de traction* qui ait été construit. La lettre de M. de Cossigny, qui semble prendre cette assertion pour

1. Ceci se passait en 1855, année d'une exposition universelle. Froment désirant être libre de se consacrer entièrement à l'étude de l'exposition et à ses fonctions de membre du jury, je m'étais chargé provisoirement de la direction et de la surveillance de ses ateliers.

point de départ ne l'infirme en aucune manière, puisqu'elle ne lui oppose que des appareils dont le mode d'action et la disposition sont différents.

M. MALLET se bornera à ces courtes observations, il serait heureux de cet incident si M. Colladon voulait bien en profiter et envoyer sur cette question intéressante une de ses communications toujours si bien accueillies par la Société.

M. LE PRÉSIDENT. L'ordre du jour appelle le *compte rendu, par M. Edmond Roy, des résultats des expériences sur un bateau à hélice mobile de son système.* M. Edmond Roy a la parole.

M. EDMOND ROY, avant de décrire les dispositions du bateau dont il veut entretenir la Société, demande la permission d'exposer l'état actuel des voies de navigation et des moyens de traction qui y sont en usage. On comprendra mieux ainsi pourquoi il s'est livré à la recherche de nouvelles dispositions.

M. EDMOND ROY *donne communication de son mémoire sur les voies et le matériel flottant de navigation intérieure.* Depuis une dizaine d'années, il a été apporté de notables améliorations aux voies de navigation : on a unifié la longueur des écluses, relevé quelques biefs, et assuré, en temps de sécheresse, l'alimentation de quelques canaux. Ces travaux modestes, faits avec une dépense relativement faible, rendent déjà et rendront un bien plus grand service au pays que certains travaux et dépenses énormes faites en vue d'un intérêt local.

Bien que ces voies de navigation soient encore loin d'avoir l'unité de régime de profondeur nécessaire, pour en obtenir tous les résultats économiques qu'elles pourraient donner, telles qu'elles sont actuellement dans le Nord, l'Est et le Centre-Est, elles n'en constituent pas moins depuis l'unification de la longueur des écluses, avec le bassin de la Seine, vers lequel elles convergent toutes, un assez beau réseau de voies de navigation.

Mais le matériel flottant employé répond-il aux améliorations de la voie? à la régularité et à la célérité de marche que les chemins de fer assurent au commerce et à l'industrie?

Sur la basse Seine, on peut dire oui. Le touage, les remorqueurs assurent une marche régulière; mais, sur tous les canaux et rivières canalisées affluentes, c'est toujours le vieux bateau, lourd, informe, remorqué à bras d'hommes ou par des chevaux, d'il y a deux cents ans, mettant autant de semaines que le chemin de fer met de jours, à parcourir la distance d'un point à un autre.

M. Roy s'est occupé, il y a déjà plusieurs années, d'étudier les différents modes de traction de la batellerie, pour se rendre compte de la raison d'être et du prix de revient de chacun d'eux.

Régime des écluses. — Dans la partie inférieure des fleuves, là où le

régime des pentes est faible, les écluses sont assez éloignées les unes des autres, en moyenne de 20 à 25 kilomètres; l'emploi d'un moteur spécial, toueur ou remorqueur, traînant des convois de cinq à six bateaux, y donne un bon effet utile, mais il ne présente un avantage sérieux que sur un parcours très faible, relativement à l'ensemble du réseau indiqué, et avec la condition expresse d'avoir dépensé une somme de 60 millions sur un faible parcours de 240 kilomètres, pour construire des écluses gigantesques, pouvant contenir un train de six à sept bateaux avec son toueur ou son remorqueur.

C'est là une solution qui ne saurait être appliquée à l'ensemble de nos voies de navigation.

Renseignements officiels. — D'après les documents officiels publiés par le ministère des travaux publics, le développement de nos voies navigables ayant des écluses ne pouvant contenir qu'un seul bateau, est de plus de 8000 kilomètres.

La distance moyenne entre deux écluses, sur les rivières canalisées, est de 6 700 mètres.

Pour les canaux proprement dits, cette distance est de 2 400 mètres.

Le nombre d'écluses ne pouvant contenir qu'un seul bateau sur ces deux types de voies navigables, est de 2 450.

Les dimensions réglementaires de ces écluses sont aujourd'hui :

Largeur.	5m,20
Longueur utile	38m,50

Le maintien de ce type d'écluse, pour l'ensemble de nos voies de navigation intérieure, s'impose donc; il est du reste très suffisant, puisqu'il permet d'avoir, avec une profondeur d'eau de 2 mètres, des bateaux de formes convenables, portant 250 à 260 tonnes de marchandises; mais, malheureusement, sur la plupart des rivières canalisées et canaux situés à l'Est de Paris, dans le Centre et dans le Midi, la profondeur normale ne dépasse pas 1m,60.

Unité de profondeur, défense nationale. — Si la profondeur de 2 mètres est nécessaire sur les grandes lignes de navigation intérieure au point de vue économique des transports, elle s'impose aujourd'hui au point de vue de la défense nationale, ainsi que nous l'a prouvé le récent voyage du Havre à Marseille du torpilleur n° 62 par l'intérieur de la France, mais auquel il a fallu mettre une allège pour pouvoir passer par la haute Seine, la Saône et le Rhône. Quel puissant moyen de défense donnerait à ce nouvel engin de guerre l'approfondissement à 2 mètres des canaux du Midi et latéraux à la Garonne, lui permettant de passer sans coup férir de l'Océan à la Méditerranée, sans avoir recours à la solution utopique et antinationale d'un canal intérocéanique à travers la France, pour permettre aux navires de passer directement de la Méditerranée dans l'Océan, au

profit des puissances du Nord et au détriment du transit par les voies de communication françaises.

Passage des faîtes. — La chute maximum des écluses ordinaires est de 3 mètres; souvent, en arrivant au faîte des canaux à point de partage, la distance entre deux écluses consécutives ne dépasse pas 100 à 200 mètres; quelquefois, dans des passages difficiles, quatre ou cinq écluses sont superposées l'une à l'autre; là, ce serait le cas d'appliquer le sas hydraulique.

Dans ces conditions, le voyage des bateaux ne saurait s'effectuer par groupe de plusieurs bateaux traînés par un toueur ou un remorqueur, par suite des pertes de temps qui en résulteraient au passage des écluses.

Comme exemple de lignes de navigation en communication avec Paris, M. Roy indiquera sommairement quel est le régime des pentes des deux plus importantes.

Ligne du nord. — 1° La ligne de Paris aux bassins houillers du Nord et du Pas-de-Calais et à Dunkerque, dont la longueur est de 478 kilomètres, emprunte la Seine sur 72 kilomètres, avec trois écluses seulement; l'Oise canalisée, sur 104 kilomètres, avec 7 écluses; puis les canaux du Nord qui, sur un parcours de 305 kilomètres, présentent jusqu'à Dunkerque soixante-cinq écluses à franchir, soit des distances respectives entre écluses :

Sur la Seine de	24 000 mètres.
Sur l'Oise canalisée de	15 000 —
Sur les canaux de.	4600 —

Le faîte de cette ligne est situé sur le canal de Saint-Quentin, à l'altitude de 83m,30, il est franchi par un grand souterrain de 5 670 mètres de longueur.

Ligne de Lyon. — 2° La ligne de Paris à Lyon qui suit la haute Seine sur un parcours :

De.	101 kilomètres.	12 écluses.
L'Yonne canalisée.	81 —	17 —
Le canal de Bourgogne	242 —	191 —
La Saône canalisée	212 —	11 —
Total	636 kilomètres.	231 écluses.

Présentant une distance moyenne entre écluses :

Sur rivières canalisées de.	10 kilomètres.
Sur le canal de	1 270 mètres.

Le faîte de cette ligne, est à l'altitude de 378m,80, il est franchi par un souterrain de 3 300 mètres de longueur, situé sur le canal de Bourgogne.

Ce sont là deux types principaux de voies de navigation, — c'est donc sur les moyens de les parcourir dans leur ensemble, dans les meilleures conditions de vitesse et de dépense, que devrait être établi le matériel flottant d'un service sérieux de transports à longues distances.

Longueur des biefs. — De l'examen du régime éclusier des deux grandes lignes de navigation qu'on vient d'indiquer, il résulte que la longueur moyenne des biefs est :

Sur les principales rivières canalisées	14 000 mètres.
Sur les canaux.	2 900 —

Vitesses de marche. — La vitesse de marche d'un toueur ou d'un remorqueur, remorquant un train de 4 à 6 bateaux, est de 6 000 mètres à l'heure en rivière.

De leur marche sur canaux, nous ne nous en occuperons pas, puisque nous avons déjà expliqué pourquoi leur emploi n'y était pas possible, sauf quelques cas isolés, tels que passage de souterrains et très longs biefs.

La vitesse d'un bateau à vapeur porteur est en moyenne également :

En rivière canalisée de.	6 000 mètres à l'heure.
En canal de	4 000 —
Celle d'un bateau halé par des chevaux ne dépasse guère.	3 000 —

Temps pour franchir une écluse. — L'expérience démontre que, sur les rivières canalisées, où se trouvent des écluses permettant au remorqueur de se loger avec deux bateaux, comme sur l'Yonne, le temps nécessaire pour franchir une écluse, pour le toueur ou le remorqueur avec quatre bateaux, est au moins de 60 minutes ; pour un bateau à vapeur voyageant seul . . . . . 10 à 15 minutes.

Pour un bateau halé par chevaux. . . . . 25 minutes.

Vitesses effectives. — Si de ces données on déduit la vitesse effective de chaque mode de traction, en tenant compte de la dimension des écluses pour les trains remorqués par toueurs ou remorqueurs, on trouve pour vitesse effective à l'heure :

	SUR RIVIÈRES CANALISÉES AVEC LONGUEUR MOYENNE DE BIEFS DE				Canaux bief moyen de 2900 mètres écluse 1 bateau
	24 000 mètres écluse pour tout train basse Seine	14 000m écluse pour		6 700 mètres écluse 1 bateau	
		3 bateaux	1 bateau		
	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
Toueur ou remorqueur....	5400	4200	3200	2050	»
Bateau à vapeur porteur...	5600	5400	5400	4900	2900
Bateau halé par chevaux...	2800	2750	2750	2500	2070

Inutilité des grandes écluses. — On voit par ces résultats que les écluses gigantesques de la basse Seine n'ont rien fait gagner pour la célérité des transports, comparativement au bateau à vapeur, qui ne demandait pas tant de sacrifices superflus. Nous verrons plus loin ce que vaut le touage, comparé, au point de vue économique, avec le bateau à vapeur porteur.

En ce qui concerne les avantages du bateau à vapeur sur le halage par chevaux, et sans tenir aucun compte des pertes de temps auxquelles donne lieu le service de relayage, ils sont trop palpables et ne se discutent pas.

Distances virtuelles. — De ces comparaisons de vitesses de marche, réduites en raison de la diminution de la longueur des biefs, autrement dit de la multiplicité des écluses, il résulte un fait, sanctionné par la pratique, sur lequel il faut appeler l'attention, c'est que le nombre des écluses que l'on rencontre sur le parcours d'un canal, donne la mesure pratique des distances virtuelles, chacune d'elles étant évaluée comme équivalente à un parcours de 1 kilomètre.

De la résistance à la traction. — En matière de transports par voie d'eau, l'accélération de vitesse de marche est une chose qui coûte très cher, bien plus cher que sur la voie ferrée, où la résistance de traction par tonne change peu avec l'accroissement de vitesse; tandis que sur la voie d'eau elle croît comme le carré des vitesses. Pratiquement, et pour des bateaux à marchandises, auxquels on ne saurait donner des formes très fines, afin d'utiliser le mieux possible la longueur et la largeur des écluses; transporter la plus grande quantité de marchandises que comportent les dimensions du bateau qui doit franchir ces écluses; pratiquement, disons-nous, il faut compter sur une résistance par mètre carré de section de maître-couple immergé, de 10 kilogrammes en rivière et 30 kilogrammes en canal, pour une vitesse de 1 mètre par seconde et ajouter encore $0^{kg},25$ par mètre carré de contour mouillé; c'est ce qui explique les faibles vitesses sur les-

quelles les comparaisons de marche ont été établies, suivant les différents modes de traction, vitesses qui correspondent, néanmoins, à un parcours journalier de 70 à 75 kilomètres sur rivières canalisées, et de 40 à 45 kilomètres sur canaux, à charge complète, en eau moyenne, pour la traction à vapeur en ne marchant que pendant 14 à 15 heures par jour.

Cette marche correspond à celle des marchandises en petite vitesse sur les chemins de fer. Au point de vue de la célérité, la navigation à vapeur peut donc rendre les mêmes services que le chemin de fer.

Conditions économiques. — D'après tout ce qui précède, le bateau à vapeur porteur se présentant comme la solution la plus rationnelle, au point de vue de l'exploitation de l'ensemble des voies de navigation, il faut qu'il réponde aussi bien aux conditions économiques qu'à celles de célérité et de régularité de marche : il doit, comme tout autre véhicule de transport, pouvoir voyager à vide, en utilisant bien sa puissance motrice; son poids mort doit être aussi réduit que possible, pour bien utiliser la faible profondeur des cours d'eau au profit de la charge utile.

Nécessité de l'immersion constante de l'hélice. — Si en charge il peut avoir un enfoncement de $1^m,80$, tandis qu'à vide il n'aura plus que 35 à 37 centimètres d'enfoncement moyen, l'hélice, qui ne peut être d'un trop petit diamètre, ne sera donc noyée qu'à moitié. Il est donc impossible, dans ces conditions, de faire voyager le bateau à vapeur ordinaire; il manque de moyen d'action pour marcher aussi bien à vide que chargé.

M. Roy a cherché une solution pratique permettant d'immerger l'hélice, quelle que fût la condition de chargement du bateau.

Description du mécanisme de l'hélice mobile. — C'est cette solution, et les résultats économiques de son application qu'il a l'honneur de communiquer à la Société.

Ainsi que vous le voyez par le petit modèle que vous avez sous les yeux, l'hélice et le gouvernail sont mobiles dans le sens vertical, jusqu'à possibilité de l'immersion complète de l'hélice, lorsque le bateau est vide.

A cet effet, la tête de l'arbre de l'hélice est terminée par une partie sphérique, par le centre de laquelle passe un fort tourillon. Cette partie sphérique s'emboîte exactement dans une demi-sphère creuse faisant partie de l'arbre moteur, plus un segment de sphère creuse, relié avec l'arbre moteur par des boulons, pour maintenir la sphère de l'arbre de l'hélice dans la coquille de l'arbre moteur, surtout pour la marche en arrière. Deux rainures, dans lesquelles s'engagent les deux extrémités du tourillon de la sphère, munies de taquets rectilignes, sont pratiquées dans la coquille et dans le segment relié à l'arbre moteur, et servent à l'entraînement rotatoire, quelle que soit la position de l'arbre de l'hélice.

L'étambot est en forme de fourchette à sa partie inférieure; dans cette fourchette glisse un patin qui maintient l'arbre de l'hélice dans le sens transversal.

L'extrémité de l'arbre de l'hélice repose dans un palier supporté par le gouvernail, disposé à cet effet en forme de béquille.

La tige du gouvernail est filetée, passe dans la tête de l'étambot sur lequel elle repose par un fort écrou, lequel sert à faire descendre ou remonter le gouvernail et en même temps l'hélice, de la quantité nécessaire pour que celle-ci puisse être toujours noyée, quel que soit l'enfoncement de la coque du bateau.

Par cette combinaison de solidarité de l'enfoncement de l'hélice et du gouvernail, on assure la sécurité de pouvoir, dans tous les cas, bien gouverner le bateau, ce qui est un point important.

Le joint d'étanchéité est fait par un presse-étoupe ayant un large patin en forme d'arc de cercle, dont le centre est le même que celui de la sphère; ce presse-étoupe suit les mouvements verticaux de l'arbre de l'hélice, et son patin ferme, dans tous les cas, l'orifice du fourreau en tôle, rivé sur l'étambot, dans lequel passe l'arbre de l'hélice.

Dimensions du Descartes. — Le bateau à vapeur le *Descartes*, de ce type, que M. Roy a fait construire, a les dimensions ci-après : il fut construit avant l'achèvement de l'allongement à 38m,50 de toutes les écluses des canaux du nord, et n'a pas, par suite, toute la puissance de tonnage qu'on pourrait lui donner aujourd'hui, sans avoir besoin d'augmenter la puissance de sa machine :

Longueur d'étrave en étambot.	35m,40
Largeur intérieure.	4m,92
Hauteur sous pont.	2m,25
Épaisseur des tôles de la coque	4, 5 et 7 mil.
Volume des chambres de chargement.	280 m. cubes
Enfoncement moyen à vide avec tous ses agrès et 10 tonnes de charbon dans les soutes.	0,370
Chargement utile correspondant à chaque centimètre d'enfoncement	1500 kilog.
Chargement avec 1m,80 d'enfoncement	215 tonnes

Machine à vapeur sans condensation, du type Compound, à pilon.

Puissance utile maximum	35 chevaux
Surface de chauffe de la chaudière	26 m. carrés
Timbre —	9 kil.
Diamètre de l'hélice	1m,390

Les péniches du nord, de 35 mètres de long, portent 250 tonnes.

Le rapport de tonnage utile de ce type de bateau à vapeur, par rapport aux bateaux les plus informes et les plus lourds à traîner, portant le plus de charge, est donc comme $\frac{215}{250}$; soit 0,86.

Prix de remorque. — Le prix de remorque des bateaux ordinaires, soit par chevaux, soit par le touage, sont les suivants :

Bateaux chargés remorqués par chevaux, par kilomètre :

Sur l'Oise canalisée, *en descente*	0 fr. 70
Sur les canaux du Nord, en moyenne.	1 »
Sur le canal de Bourgogne et l'Yonne	1 20
Bateaux vides sur rivières canalisées (moyenne) . .	» 40
Sur canaux	» 50

Remorque par le touage, en remonte, pour bateaux chargés.

De Conflans à Paris à 0 fr. 008 par tonne et par kilomètre.

Soit pour un bateau de 250 tonnes	2 fr.	»	par kilom.
De Paris à Montereau, pour la coque du bateau, vide ou chargé (100 kilom.). . .	90	»	—
Plus par tonne.	»	01	—
Ce qui fait ressortir le prix de remorque, par tonne et par kilomètre, pour un bateau chargé de 150 tonnes, à 0 fr. 016, soit	2	50	—
Sur l'Yonne, la remorque par le touage en remonte est de 0 fr. 01 par tonne et par kilomètre, soit pour 150 tonnes.	1	50	—
Pour la traversée du canal de Bourgogne, les bateaux accélérés, marchant jour et nuit pendant cinq jours, chargés de 140 à 150 tonnes, ont 7 hommes et 4 chevaux, ce qui fait ressortir le prix de halage à	1	30	—

Sur la haute comme sur la basse Seine, les bateaux à vapeur remorqueurs ont pour ainsi dire annihilé les services de touage; leur prix de remorque est moindre de 25 à 30 pour 100 que celui du touage.

Expériences du Descartes. — Le bateau à vapeur le *Descartes*, pour faire le voyage de Paris à Lyon, aller et retour avec 130 tonnes de charge en allant, 30 tonnes seulement en retour a dépensé :

Charbon, 15 200 kilogrammes à 30 francs	456 francs.
Mécanicien et chauffeur	305 —
Huile, graisse, chiffons	70 —
Petit entretien de la machine	60 —
Pour intérêt et amortissement de la machine à 10 pour 100 l'an, pour le voyage.	100 —
Total	991 francs.

Le parcours aller et retour étant de 1 276 kilomètres, le prix de remorque par kilomètre est ressorti à 0 fr. 71.

Il a effectué le voyage à l'aller en 13 jours.

Et au retour, en 12 jours.

Les bateaux accélérés de Paris à Lyon, remorqués par vapeur jusqu'à Montereau, par le touage de Montereau à Laroche, par chevaux (canal de Bourgogne), de Laroche à Saint-Jean-de-Losne et par vapeur sur la Saône jusqu'à Lyon, mettent 14 à 16 jours pour effectuer ce voyage.

Pendant les grandes crues de la Seine du mois de décembre dernier, alors que tous les vannages des barrages étaient abattus, le *Descartes* est descendu de Paris à Rouen avec 227 tonnes de chargement en 27 heures; il est remonté à Paris avec un chargement de 140 tonnes en 45 heures : sa consommation de charbon a été, pour aller et retour, de 6 500 kilogrammes, sa dépense de traction comptée comme plus haut est revenue à 460 francs, pour un parcours de 490 kilomètres.

Soit par kilomètre, 0 fr. 95.

Si on compare ces prix de traction kilométrique avec ceux du touage et de remorque par chevaux, on voit qu'ils leur sont inférieurs de 50 pour 100, qu'ils sont inférieurs à ceux du halage par chevaux, et donnent sur l'ancienne batellerie l'immense avantage de la régularité et de la célérité des transports.

Prix de revient kilométrique de la tonne. — Si on veut se rendre compte du prix total de revient des transports effectués dans ces deux voyages, qui caractérisent pour ainsi dire les prix extrêmes, désavantageux et avantageux, attendu que dans le voyage de Paris à Lyon, le *Descartes* est allé avec une charge de 130 tonnes, et est revenu avec 30 tonnes seulement.

Les dépenses totales du voyage compris frais d'assurances, chargement et déchargement des marchandises, toutes de première catégorie, sucres, étoffes, papiers peints, fécules, etc.

Se sont élevées à.	2 316 francs.
Ce qui, pour 1 276 kilomètres et un chargement aller et retour de 160 tonnes de marchandises, donne un prix de revient kilométrique par tonne utile de.	0 fr. 01135

Le voyage de Rouen peut être considéré comme un voyage à pleine charge, avec des marchandises de peu de valeur, des pyrites de fer pour descendre, des avoines pour remonter.

Le prix de revient total, non compris chargement et déchargement s'est élevé à.	697 fr. 40
Soit pour 227 + 130 tonnes et un parcours total de 484 kilomètres, par tonne et par kilomètre	0 fr. 008

On voit par ces résultats que le bateau à vapeur porteur est bien le type

qu'il convient d'employer pour rendre aux transports par voie d'eau leur ancienne vitalité, et que le commerce et l'industrie ont beaucoup à en espérer.

Comparaison avec les chemins de fer. — En ce qui concerne la comparaison avec les chemins de fer, il convient de reconnaître, qu'en moyenne, les distances à parcourir par voie d'eau, pour aller d'un point à un autre, sont 50 pour 100 plus longues que celles de la voie ferrée : si donc aux prix kilométriques de la tonne transportée par voie d'eau, qui précèdent, on ajoute 50 pour 100, on arrive à 0 fr. 017 et 0 fr. 012, en ne comptant que la distance par chemin de fer.

Sur les chemins de fer, rien que le prix de revient kilométrique de traction de la tonne utile, est de 0 fr. 009, ce prix ne représente que 40/100 du prix de revient total, comprenant tous les frais d'entretien, d'exploitation et d'administration, soit 0 fr. 0225.

Donc, les voies de navigation peuvent, pour les marchandises en petite vitesse, lutter très avantageusement avec les chemins de fer, à tous les points de vue.

En faisant cette communication à la Société, M. Roy a aussi songé à répondre, en partie, au remarquable travail sur les principales voies de navigation d'Europe, sur celles de la France en particulier, offert à notre Société par notre éminent collègue, M. Nordling.

Ce travail, qu'à son grand regret il n'a pu suivre dans tous ses détails, parce qu'il est imprimé en allemand, comporte des renseignements très précis et pleins d'intérêt sur le régime des déclivités des principales voies navigables ; renseignements que l'on ne trouve dans aucune publication française en vente dans le commerce.

Notre éminent collègue pense, que les voies de navigation, ne peuvent rivaliser avec les chemins de fer pour le bon marché et la régularité des transports.

M. Roy a fait de son mieux pour les réhabiliter, bien moins par l'exposé de la question qu'il vient d'avoir l'honneur de faire, que par les résultats d'expériences qu'il a présentés, concernant l'amélioration du matériel flottant, sans laquelle celle de la voie ne donnerait que des résultats secondaires.

M. Edmond Roy, après cet exposé, indique une autre nouveauté que comporte son bateau. Le mode de chargement adopté rend la chaudière parfaitement fumivore. C'est ce qu'a constaté l'année dernière une commission prise dans le sein du Comité technique des chemins de fer. Après un voyage de cette commission sur le bateau en question, le ministre des travaux publics a adressé le 7 juin 1884 la circulaire suivante aux administrateurs des grandes compagnies de chemins de fer.

« Messieurs, mon administration a été saisie de l'examen d'un appareil fumivore, pour foyer de machines locomotives, imaginé par M. Edmond Roy.

« J'ai soumis cette invention au comité de l'exploitation technique des chemins de fer.

« D'après le rapport qui lui a été présenté par un de ses membres et dont le comité a adopté les conclusions « on est en droit d'espérer que « l'appareil de M. Roy, rationnel dans son principe et dans ses disposi- « tions, réussira dans l'application ; une adaptation partielle, constatée d'ail- « leurs par deux membres du comité, a déjà donné, sur un foyer de chau- « dière de bateau, une fumivorité très satisfaisante... il serait désirable « qu'un essai de cet appareil fût tenté, notamment sur les lignes qui ont « intérêt, par leur situation, à se servir de combustibles menus ou tout « venants. »

« En suite de cet avis, que j'ai approuvé, j'ai l'honneur de vous signaler l'appareil de M. Edmond Roy, en vous invitant à examiner s'il n'y aurait pas lieu de l'employer sur tout ou partie de votre réseau.

« Je vous serai obligé de me faire connaître, à bref délai, les intentions de votre compagnie.

« Recevez, messieurs, l'assurance de ma considération très distinguée.

« *Le ministre des travaux publics*,
« Signé : D. Raynal.

« Pour ampliation :

« *Le conseiller d'État, directeur des chemins de fer*,
« Signé : Cendres. »

Et j'ajouterai, dit M. Roy, que nos grandes compagnies se sont empressées de n'en rien faire.

Dans l'appareil de M. Roy, le combustible n'est jamais jeté directement sur la grille. Il est reçu dans une espèce de réservoir où il commence à s'échauffer. Ce réservoir a pour fond une palette mobile qui, par la position qu'on lui donne, permet de charger la grille à volonté, soit d'un seul coup, soit dans la proportion voulue. Une ouverture permet de laisser passer la quantité d'air nécessaire à la combustion des gaz. Ce dispositif très simple n'entraîne aucune modification importante dans la chaudière. (*Applaudissements.*)

M. le Président remercie M. Edmond Roy de sa très intéressante communication.

M. Quéruel désire, à propos de la communication de M. Roy, dire quelques mots sur la question des écluses. On a parlé des écluses, en général, et de leurs dimensions. On est d'accord sur leur manque de longueur. L'administration s'est bornée à les allonger de 3 ou 4 mètres : c'est un tra-

vail insuffisant. Pendant qu'on remaniait les écluses, il fallait en doubler encore la longueur; et le meilleur argument en faveur de cet allongement a été donné par M. Roy, lorsqu'il a dit que, actuellement, on fait des bateaux de formes cubiques, lourds à la traction, qui occupent entièrement le cube libre de l'écluse. Pourquoi ces formes défectueuses? parce qu'il y a insuffisance de longueur. Si on avait une plus grande longueur, on façonnerait les extrémités des bateaux, et la dépense de traction serait beaucoup moindre.

Quant au tonnage, M. Quéruel est d'accord avec M. Molinos. Il conviendrait de faire des bateaux de 500 tonnes au moins, de manière à permettre la réduction du prix du fret.

La Société devrait appuyer cet ordre d'idées, parce qu'il en résulterait un grand avantage pour la navigation.

M. Quéruel veut dire encore un mot sur la machine sans condensation qui a été employée par notre collègue. A son avis, lorsqu'on a de l'eau en abondance, ce n'est pas une bonne solution de ne pas profiter de tous les avantages que procure la condensation. En la faisant par surface, on emploie alors l'eau distillée, dans les chaudières, et ses inconvénients peuvent être conjurés par un mélange d'eau naturelle. On arrive ainsi à avoir des chaudières qui se conservent parfaitement bien.

M. Carimantrand. En ce qui concerne les dimensions des écluses, elles sont généralement limitées par la quantité d'eau disponible dans les canaux. Dans cette saison-ci, la plupart des canaux manquent d'eau.

Au canal de Saint-Denis, on avait augmenté dans les projets la longueur des écluses, et au moment de l'exécution on a été obligé de la diminuer; cela pour économiser l'eau. M. Carimantrand demandera à M. Roy s'il a connaissance du système dans lequel il s'est rencontré avec M. Lacroix, qui a eu la même idée que lui : savoir, faire varier la hauteur des hélices, parce que les bateaux en effet ne ramènent rien, à la descente vers Paris, et qu'alors les hélices ne sont plus suffisamment immergées et perdent leur force propulsive effective. Seulement, M. Lacroix, au lieu de faire monter son hélice avec une vis, la faisait monter avec une crémaillère. En 1862, il a formé une Société dénommée, Compagnie générale de Navigation à vapeur sur les canaux, à l'aide de l'hélice mobile, système Lacroix. Cette compagnie fit construire, chez M. Joly à Argenteuil, dix-huit bateaux de ce système, qui ont fonctionné sur les canaux du Nord pendant sept ou huit ans; ils ont disparu, sans qu'on sache pourquoi, et M. Carimantrand a pensé que M. Roy pourrait le savoir. Ces bateaux avaient les mêmes dimensions que ceux de M. Roy, c'est-à-dire celles des péniches.

M. Edmond Roy n'a pas eu connaissance de ce système. Il a fait construire son bateau dans le Nord, et on ne lui a pas parlé de ce type de bateau.

Il répondra à M. Quéruel au sujet de l'allongement des écluses et des bateaux de 600 tonnes. Si on les doublait de longueur, on arriverait à avoir des bateaux ayant $4^{m},90$ de largeur au maximun, pour une longeur de 50 à 60 mètres. Mais alors, ce n'est plus un engin de navigation pratique.

Ensuite, pour la navigation intérieure, il ne partage pas du tout l'opinion de ceux qui veulent de grands chargements, parce que, 600 tonnes de marchandises, cela occupe le bateau longtemps. Le bateau de 600 tonnes peut avoir sa raison d'être sur la basse Seine, ou pour apporter les pierres ou les marchandises très lourdes. Mais, pour le transport de marchandises à détailler par colis, le bateau de 600 tonnes est très dispendieux, surtout par suite des nombreux chargements et déchargements.

De plus, il y a 2500 écluses faites; on a fait une dépense qui a considérablement amélioré la navigation, mais on aurait dû faire une dépense plus grande encore. Ce qui serait à désirer, c'est que, sur les canaux où il y a un trafic important, on fît des écluses doubles, c'est-à-dire permettant simultanément à un bateau de monter tandis qu'un autre descend, pour doubler la rapidité de l'opération. Mais, dans les canaux alimentés par des prises d'eau secondaires, avec ce système, on accroît considérablement la dépense d'eau, et on pourrait n'en avoir pas assez.

Pour la machine, M. Roy comprend qu'une machine de bateau soit à haute pression. Son avis est celui-ci : c'est que la vapeur dont il se sert est à 9 kilogrammes; le rapport des cylindres est de 2 1/2, si l'on détend de 1/5, on arrive à avoir huit ou neuf fois le volume primitif de la vapeur. M. Roy pense que, lorsqu'on a utilisé la vapeur à huit ou neuf fois son volume primitif, c'est un bon résultat.

Puis, il y a à considérer la légèreté de l'engin. On a vu que le bateau présenté ne cale à l'arrière, avec une provision de 10 tonnes de charbon, que 65 centimètres; c'est parce que M. Roy a une machine très simple : c'est la locomotive qu'il a appliquée au bateau ; cela s'appelle la locomotive Compound, si vous voulez, avec sa distribution et toutes ses dispositions, c'est tout à fait la locomotive. Il fait travailler la vapeur à six ou huit fois son volume. Il doit ajouter que cette machine développe au maximum 35 chevaux; elle a 25 mètres carrés de surface de chauffe. Quand elle fait 35 chevaux, elle fait 160 tours par minute. En marche normale, elle fait 100 tours à peu près. En marche normale, quand elle ferait 20 chevaux, cela irait encore, mais ce serait un peu juste. Mais, quand on porte la vitesse à 180 mètres, quand on remonte un courant, ou un pont, si l'on a une machine à condensation, on ne peut pas profiter de l'échappement, on ne fait pas varier la puissance de la chaudière suivant les besoins. C'est là un grave défaut, au point de vue des bateaux, parce qu'il faut avoir des machines dont les dimensions correspondent complètement à l'effort maximum à exercer.

Il faut tenir compte aussi de la simplification du mécanisme. Dans les bateaux, on a un mécanicien qu'on n'a pas sous les yeux; ce n'est pas comme dans les chemins de fer, où il y a des chefs de dépôt et des chefs mécaniciens qui exercent une active surveillance.

Dans les bateaux, on envoie le mécanicien en route, et il est abandonné à lui-même. Il y a des mécaniciens maladroits; s'il survient quelque dérangement à la machine, ils ne savent pas le réparer et perdent la tête. M. Roy

a voulu réduire la machine simplement au piston et au tiroir. Du reste, il avoue que c'est le reproche qu'on fait, à première vue, à cette machine; on s'imagine, quand on voit ce petit joujou, qu'il ne peut pas remonter le courant. C'est pour cela que M. Roy lui a fait remonter la Seine, avec les plus grandes crues, et il avait encore de la vapeur de reste, parce qu'il avait un échappement qui activait le feu comme dans les chemins de fer. Pourquoi les machines à grande vitesse ont elles relativement peu de surface de chauffe? parce qu'elles ont un échappement très intense qui active le feu. Voilà les motifs qui ont guidé M. Roy. D'abord, la possibilité de faire varier la puissance de la machine suivant les besoins; et ensuite, la simplicité des pièces mécaniques, parce qu'on confie ces engins aux mains d'un homme qui n'est pas habile mécanicien.

M. Carimantrand. Les marins et les bateliers ne sont pas d'accord avec M. Roy, car, pour la marine marchande, on fait de plus en plus de gros navires. Sur la Seine, il y a quelques années, on ne voyait pas de bateaux de plus de 300 tonnes, personne ne voulait de bateaux de 500 tonnes, on disait qu'on ne pouvait pas les gouverner.

Aujourd'hui, depuis l'amélioration apportée dans le régime du fleuve, il il y a des bateaux, de 500 et de 600 tonnes; et quand les travaux de la Seine seront terminés (on promet qu'ils le seront dans deux ans), quand le canal de Tancarville sera fini, on pourra faire des bateaux de 1 000 tonnes, et avec cela, on abaissera de 40 pour 100 le prix de revient des transports, parce que il y a des frais fixes constants, qui restent les mêmes pour 1 000 tonnes que pour 300 et 600 tonnes.

Sur le Rhin, il y a déjà des bateaux de 1 000 tonnes; ce tonnage sera bientôt atteint sur la Seine. Il est vrai qu'on n'a pas toujours 1 000 tonnes de marchandises à mettre, mais les bateaux qui apportent le charbon et les céréales peuvent en apporter 1 000 tonnes, et d'ailleurs le matériel flottant ne marche pas toujours à pleine charge.

Les mines d'Anzin et toutes les mines du nord, savent parfaitement qu'on arrivera à diminuer beaucoup les frais de transport en augmentant le tonnage des bateaux : ils demandent qu'on fasse creuser un canal, qui coûtera 100 millions, d'une profondeur de 3 mètres, dans l'espoir d'avoir de grands bateaux. C'est une demande universelle dans les régions du nord.

M. Roy répond qu'il s'est placé surtout au point de vue de la question des transports, en général, pour le commerce et l'industrie, entre Paris et Rouen. On a fait une canalisation. Il y a deux points extrêmes : Paris et Rouen; on ne parle que du transport de la marchandise d'un de ces points vers l'autre, et on laisse de côté le service des points intermédiaires. Dans la prévision des bateaux de 800 tonnes, on ne songe qu'à prendre du charbon, par exemple, ou toute autre marchandise à Rouen, pour l'apporter à Paris, et vice versâ; mais, pour l'industrie courante, ce n'est pas le cas, et ce n'est pas le cas des voies de communication dont il a entretenu la Société. Dans les canaux allant sur l'est, Nancy, Charleville, ou vers Lyon, il faut consi-

dérer les transports pour desservir les localités qu'on rencontre entre les points extrêmes. Ce n'est pas avec des bateaux de 800 tonnes que, dans ces conditions, on abaisserait le prix du transport; cela l'augmenterait, au contraire, parce que l'on ne peut pas employer une masse comme celle-là pour faire des chargements et des déchargements sur tout le parcours. Ces bateaux peuvent être utiles pour un service local; mais, jusqu'à preuve du contraire, il n'est pas très convaincu. En ce qui concerne la navigation fluviale, pour la Seine, il aurait mieux valu qu'on coupât les boucles que de laisser les parcours aussi longs : le trajet est de 80 pour 100 plus long que celui du chemin de fer. La dépense qui a été faite n'a pas apporté une grande amélioration à la navigation.

M. Carimantrand. Les transports par eau ne sont pratiques que pour les grandes quantités.

M. Roy. Dans ces conditions-là, ils peuvent à peine l'être, parce que les distances sont trop grandes.

M. Carimantrand. Si le trajet est plus long par eau que par chemin de fer, la situation est la même pour les petits bateaux que pour les grands.

M. Roy répète qu'il y avait autre chose à faire que ce qui a été fait. Si on avait raccourci le parcours de 45 kilomètres, avec les grands bateaux, il aurait pu y avoir une lutte sérieuse avec le chemin de fer.

M. le Président. Est-ce que M. Quéruel a quelque chose à dire?

M. Quéruel. Il est trop tard pour présenter des considérations étendues, mais il y aurait des raisons à opposer à l'argumentation de M. Roy.

M. le Président. Au retour des vacances, la parole pourra être donnée à M. Quéruel pour faire des observations à propos du procès-verbal; il lui sera ainsi possible de compléter ce qu'il a dit aujourd'hui.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Bonnet sur un *Appareil élévatoire de* 30 *mètres avec chariot transbordeur.*

M. Bonnet nous avait promis de prendre la parole devant la Société beaucoup plus tôt; il avait l'intention de nous entretenir de questions importantes sur l'organisation des services et la partie mécanique du nouvel Hôtel des Postes, à l'installation duquel il a contribué dans une assez grande proportion; mais il a remis cette communication à la rentrée des vacances, parce que, alors, il pourra nous conduire visiter le nouvel Hôtel des Postes, avant que le service ne soit mis en train. Pour nous dédommager un peu, M. Bonnet a bien voulu nous entretenir de cet appareil élévatoire, disposition très ingénieuse qu'il va exposer devant la Société. Encore a-t-il attendu cette dernière séance, qui est un peu défavorable, pour être sûr que l'appareil fonctionnait dans de bonnes conditions; il a été jusqu'au bout, comme un bon ingénieur qui ne montre son travail que lorsqu'il est sûr que l'appareil imaginé par lui est tout à fait pratique.

M. Bonnet remercie M. le Président de la manière dont il vient de parler

de sa communication, et il compte sur la bienveillance de ses collègues pour écouter sa monographie.

M. A. Bonnet commence par faire l'historique de la question.

Au mois de février 1881, il a été appelé, lors de la construction du gros œuvre de l'Hôtel des Postes, à étudier un moyen permettant une pose rapide des pièces formant l'ossature extérieure de la future construction.

Les assises devaient être amenées à une hauteur de 12 mètres, au-dessus du niveau du trottoir des rues environnantes, sur un développement total de 380 mètres, en une seule campagne.

Pour atteindre ce résultat, les moyens mécaniques ont été substitués aux moyens en usage dans les chantiers de Paris.

L'appareil employé a été une grue à balancier, dont la charpente entière était en bois de sapin, et la hauteur de 13^{m},500. Cette grue se déplaçait sur une voie de 1^{m},750 de largeur.

Les résultats ont été satisfaisants et le problème résolu.

Pour diverses raisons, un appareil plus puissant ne fut pas demandé et l'achèvement de l'Hôtel eut lieu avec les méthodes habituellement employées par les poseurs de pierre.

Au mois de juin 1882, il a été demandé, à M. Bonnet, un appareil semblable à celui employé aux Postes, pour l'édification de la nef au chantier de Montmartre.

Il s'agissait de construire cette nef sans employer une charpente considérable qui eût coûté plus de 500 000 francs.

Le premier appareil monté au chantier de Montmartre avait 15 mètres de hauteur totale.

Les résultats ayant pleinement confirmé les prévisions, M. Bonnet a été appelé à résoudre un problème plus complexe. C'est la solution de ce problème qui fait l'objet de la communication.

Le programme imposé se résume de la manière suivante :

En hauteur l'appareil doit pouvoir opérer la pose des assises jusqu'aux sommiers des voûtes, poser les sommiers et établir les voûtes; l'extrados étant à 27 mètres du sol de la nef.

En déplacement, la grue doit desservir les deux côtés de la nef et tout le pourtour du chœur.

La nef s'étend sur une longueur de 52^{m},500 et le chœur a un rayon de 7^{m},280 dans œuvre.

Ses piliers ont 4^{m},500 d'épaisseur.

La partie centrale de l'ensemble de l'édifice devait rester entièrement libre.

La translation, dans la nef et au pourtour du chœur, étant nécessairement effectuée à la volonté d'un mécanicien, et suivant les besoins du service, par des moyens mécaniques dont la puissance motrice serait demandée à une machine à vapeur placée sur la plate-forme de l'appareil.

Un homme seul devant suffire à la manœuvre complète.

Dans la partie correspondant au chœur, l'axe du rail extérieur pouvait

avoir au maximum 6m,860 de rayon. Le passage dans cette partie ne pouvait être obtenu qu'en rendant mobile l'un des essieux ou en employant un appareil auxiliaire.

Le poids total est de 25 tonnes ; la manœuvre d'un essieu mobile est dangereuse dans de telles conditions de charge, on a donc dû recourir à un appareil auxiliaire spécialement disposé pour transborder l'appareil élévatoire.

L'étude comprend donc trois parties distinctes :

1° l'appareil élévatoire;

2° le chariot transbordeur ;

3° la voie.

APPAREIL ÉLÉVATOIRE.

La pose doit avoir lieu à 27 mètres au-dessus de la nef, comme hauteur maximum.

Certaines obligations locales ont conduit à surélever le rail de 2 mètres au-dessus du sol de la nef. Le plan supérieur de pose se trouve ramené à 25 mètres du niveau du rail.

Afin d'atteindre le porte à faux, assez considérable, de 4m,500, demandé par l'épaisseur des piliers, l'axe du balancier a dû être établi à 25 mètres au-dessus du rail.

Le balancier a 11 mètres, ce qui donne une hauteur de 30m,50 au-dessus du rail pour l'axe de la poulie recevant la chaîne de charge.

Balancier. — Le balancier est formé par deux poutres en treillis montées parallèlement sur un axe en fer qui les traverse toutes deux dans des tourteaux en fonte rivés sur des tôles qui forment l'âme des poutres au milieu et aux extrémités.

Ces poutres sont entretoisées de distance en distance par des entretoises intérieures.

Aux deux extrémités du balancier sont placées deux poulies : l'une la poulie recevant la chaîne de charge, l'autre la poulie servant au rappel du balancier.

L'axe d'oscillation porte aussi une poulie qui sert à renvoyer la chaîne de charge au treuil de manœuvre placé sur la plate-forme inférieure.

Les pierres employées à Montmartre sont toutes des pierres dures de Château-Landon ; le levage est fait à la louve, les pierres arrivant toute taillées.

Le balancier doit opérer la pose directement sans bardage supplémentaire ; il doit donc pouvoir prendre toutes les positions, depuis la position horizontale jusqu'au relèvement total limité par la chaîne de charge ramenée contre les montants.

Pour que cette manœuvre soit régulière, le centre de gravité du balancier a dû être fixé un peu en dessous de l'axe d'oscillation au moyen d'un contrepoids spécial.

Pylône. Le pylône, portant le balancier à la partie supérieure et la machinerie à la partie inférieure, est formé de pièces de charpente en pitchpin.

Il est composé de deux montants verticaux assemblés dans un des longerons du châssis inférieur et réunis entre eux, à diverses hauteurs, par des entretoises. Dans le plan vertical des montants, deux contre-fiches latérales viennent buter ces pièces. En arrière des montants, deux autres contre-fiches.

Pour la constitution de cet ensemble, le métal devait être rejeté :

1° par suite du poids qui aurait remonté le centre de gravité total et compromis la stabilité;

2° comme rendant très difficile l'assemblage au moment du montage sur place ;

3° par raison d'économie de premier établissement.

Les pièces travaillent toutes à compression sauf les contre-fiches d'arrière qui travaillent à traction, l'emploi du pitchpin est motivé dans cette application.

Les voies d'accès de la butte Montmartre ont obligé à constituer les pièces en deux parties, le passage ne pouvant s'effectuer au delà de 17 mètres de longueur.

Les pièces sont assemblées à traits de Jupiter de 3 mètres de longueur.

Les deux longerons sur lesquels sont boulonnées et encastrées les pièces du pylône, sont formés de deux morceaux de chêne de fort équarrissage. Ils sont réunis entre eux par deux traverses également en chêne et boulonnées.

Les longerons et leurs traverses forment un châssis sur lequel est installée la machinerie.

Tout l'ensemble est porté par deux essieux en fer sur lesquels sont calées des roues en acier de $0^m,600$ de diamètre.

La machinerie est complexe, elle doit répondre aux besoins suivants :

1° élévation du fardeau ;

2° manœuvre du balancier ;

3° translation de la grue ;

4° translation du chariot transbordeur.

La puissance motrice est demandée à une machine à vapeur, mi-fixe, verticale.

Cette machine commande, au moyen d'une courroie, un arbre de la transmission, lequel arbre donne le mouvement :

1° au treuil de charge ;

2° au treuil de rappel du balancier ;

3° à la translation.

Treuils. Les treuils sont du système « Bernier » afin de ne pas former un matériel hors série pour l'entrepreneur et de conserver les habitudes des ouvriers du chantier. Les débrayages de ces treuils sont ramenés près de la machine sous la main du mécanicien.

Le treuil de charge est entre les deux montants, le treuil de rappel du balancier est fixé aux contre-fiches d'arrière.

Ces treuils sont à deux vitesses, mais ils fonctionnent toujours :

Le treuil de charge à la grande vitesse.

Le treuil de rappel à la petite vitesse.

La descente des pierres ou des bennes à mortier s'effectue au frein.

Translation. La translation est obtenue par des engrenages commandant l'essieu placé sous la machine et elle est mise en mouvement, à la main, par un embrayage à doubles cônes de friction permettant le renversement du sens de la marche.

Le dernier engrenage, qui communique le mouvement à l'essieu moteur, est monté fou sur cet essieu et il n'en devient solidaire que par le moyen d'un embrayage à emboîtements qui est manœuvré du plancher même de la machine.

Puissance de l'appareil élévatoire. La puissance de l'appareil a été calculée pour résister aux efforts provenant d'une charge de 2800 kilogrammes, ce qui correspond à un volume de $1^{m^3},200$, la densité du Château-Landon étant de 2 400 kilogrammes environ.

Dans ces conditions, le fer travaille à 6 kilogrammes par millimètre carré pour le balancier (flexion et compression), à $6^k,50$ pour les essieux; la fonte à 2 kilogrammes par millimètre carré pour les dents d'engrenages; le bois de pitchpin à $0^k,061$ par millimètre carré pour compression seule et à $0^k,850$ par millimètre carré lorsqu'il travaille à flexion et compression à la fois.

L'appareil peut lever et poser 80 à 100 mètres cubes par jour suivant les conditions d'alimentation du chantier et de hauteur de pose. La hauteur n'a d'influence que dans les valeurs extrêmes, le montage se faisant pendant que la translation s'effectue.

Stabilité. Une des questions les plus importantes est la stabilité.

Le moment résistant a été trouvé de

$$27\,750$$

Le moment de renversement maximum est donné par la charge 2800, le balancier étant horizontal; sa valeur est de

$$14\,280$$

Rapport du moment résistant au moment renversant

$$\frac{27\,750}{14\,280} = 1,943.$$

donnant une sécurité absolue dans le cas le plus défavorable.

L'influence du vent est considérable au point élevé où fonctionne l'appareil.

En tenant compte des circonstances locales, la stabilité n'est compromise que lorsque le vent a une intensité supérieure à celle qui correspond à une pression de 162 kilogrammes par mètre carré, le balancier étant

droit, et de 222 kilogrammes par mètre carré, le balancier étant horizontal, et encore faut-il que la direction soit normale à l'axe de la voie et à l'arrière de l'appareil.

Sécurité des manœuvres. Depuis 1881, il a été constaté qu'il ne s'était pas posé moins de 15 000 mètres cubes avec ces appareils, non seulement sans danger pour l'existence des hommes qui ont été employés, mais encore sans qu'aucun d'eux ait été seulement blessé.

CHARIOT TRANSBORDEUR.

L'appareil auxiliaire devant transborder l'appareil élévatoire, doit se déplacer sur une voie circulaire dont le rail extérieur ne peut avoir plus de 6m,860 de rayon, à l'axe.

Les essieux de la grue étant distants de 5 mètres, le chariot à 6m,500 de longueur totale.

Conditions d'établissement. Les conditions d'établissement du chariot transbordeur sont les suivantes :

1° Permettre l'accès facile à l'appareil venant des voies latérales ou s'y rendant.

2° Il doit être relié à la voie latérale jusqu'au moment où l'appareil devient solidaire du chariot.

3° Le chariot et l'appareil doivent être rendus solidaires par un mouvement automatique, et cette solidarité doit exister pendant toute la translation autour du chœur.

4° Le mouvement moteur doit être pris directement sur le mouvement de translation de l'appareil.

5° Le chariot étant nécessairement relié à la voie latérale sur laquelle l'appareil pose les pierres de la nef, pendant cette période, il y a enclenchement des pièces mobiles du chariot afin que l'appareil ne puisse s'engager sur ce chariot, sans que celui-ci ne soit prêt à le recevoir.

Chariot. Le chariot est formé par un châssis métallique composé de deux longerons, de deux traverses et de plusieurs entretoises. La rigidité de l'ensemble est assurée par des goussets et deux contreventements horizontaux. Les roues sont extérieures, avec supports spéciaux, disposition donnant la hauteur minimum. Leur nombre est de cinq pour assurer la stabilité du côté de la charge.

Liaison du chariot et des voies d'accès. — La liaison du chariot et des voies latérales est obtenue par des verrous fixés sur les traverses et manœuvrés au moment du départ, l'enclenchement se fait automatiquement. Dans cette position, les voies du chariot sont rigoureusement dans le prolongement des voies d'accès. Les longerons reposent sur des patins en acier légèrement inclinés afin d'éviter le frottement au départ.

Solidarité de l'appareil et du chariot. A chaque extrémité des rails du chariot est disposé un verrou en fer forgé coulissant dans des guides en fonte.

Ces verrous sont manœuvrés par des bielles mises en mouvement par un levier à contrepoids. Les bielles sont en deux parties avec écrous de réglage.

Le fonctionnement est automatique au moyen d'un taquet de butée fixé sur le longeron de la grue. Le taquet entraîne le levier et les verrous viennent buter sur les boudins des roues; dès que le mouvement de l'appareil a son amplitude complète, les boudins découvrent les verrous qui, rendus libres, achèvent leur fermeture sous l'action du contrepoids. L'ouverture se fait à la main.

Mouvement moteur du chariot. Une des particularités du système adopté consiste à demander le mouvement moteur du chariot à l'appareil élévatoire lui-même.

Ce mouvement est pris sur le dernier engrenage de la translation monté fou sur l'essieu.

Un ensemble de deux harnais de roues coniques transmet le mouvement au chariot au moyen d'une crémaillère scellée dans le sol du chœur.

Pour éviter les erreurs de mise en route, le sens de marche des roues du chariot est le même que celui de la grue pour un même déplacement du levier d'embrayage.

Enclenchement des pièces mobiles. Il y a lieu de se préoccuper de rendre impossible un accident résultant de ce que les pièces mobiles du chariot, manœuvrées pendant que la grue fonctionne sur les voies latérales, aient pu amener l'ouverture de tous les verrous à la fois.

On a acquis toute sécurité en terminant l'arbre des bielles des verrous par une série de leviers actionnant un étrier qui, doué d'un mouvement en sens inverse de celui du levier auquel il est relié, vient entourer l'extrémité du second levier et empêche le déplacement de celui-ci.

VOIES.

Les voies latérales sont formées de deux alignements droits raccordés par une courbe de 106^{m},75 de rayon.

Les voies de la nef ont 2^{m},880 de largeur d'axe en axe.

Les rails sont en acier, type du chemin de fer du Nord, pesant 30 kilogrammes le mètre. Ils sont posés sur longrines entretoisées. Il y a trois entretoises par largeur de rail de 8 mètres.

Les rails du chariot sont établis à 0^{m},595 en contre-bas de ceux des voies latérales. La voie a 3^{m},100 de largeur, le rail extérieur étant cintré, comme il a été dit, a 6^{m},860 de rayon.

Levage sur place. Le levage sur place s'est fait avec une grande facilité en utilisant une charpente existante de 13 mètres de hauteur. Il a été fixé, sur cette charpente, deux sapines inclinées l'une vers l'autre, reliées par des traverses. La traverse supérieure portait la chape d'une poulie sur laquelle s'enroulait le câble d'un treuil placé sur le sol de la nef. La poulie était à 36 mètres du sol.

L'appareil élévatoire et le chariot transbordeur ont été exécutés d'une manière remarquable dans les ateliers de MM. Renaux fils et Bonpain, à Rouen. M. Bonpain est un de nos collègues les plus sympathiques.

Le levage a été fait avec une précision parfaite.

M. Bonnet ajoute qu'il aurait pu aborder plus tôt cette communication, mais que, d'accord en cela avec notre cher et éminent président, il a voulu attendre que l'expérience ait apporté une consécration à ses prévisions : aujourd'hui l'expérience est complète, et, depuis la mise en service, les appareils n'ont pas cessé de donner une solution complète du problème qui avait été posé. (*Applaudissements.*)

M. le Président. Quelqu'un a-t-il quelques observations à faire sur la communication de M. Bonnet ou des questions à lui poser.

M. Forest demande à M. Bonnet de vouloir bien donner un aperçu du prix de revient de l'appareil pour des installations de différentes hauteurs.

M. Bonnet. L'ensemble coûte à peu près 33 000 francs pour une hauteur de 30 mètres. La charpente des bas-côtés a coûté 720 000 francs; celle du chœur aurait coûté 500 000 francs au moins.

M. Forest. Est-ce que les voies sont comprises dans ce prix?

M. Bonnet. Il y en a pour 3 000 francs, les rails compris. Quant à la charpente particulière de la crypte remplaçant le sol, c'est un cas spécial dont il n'y a pas à tenir compte dans le prix de revient.

M. le Président. Les observations qui viennent d'être faites prouvent l'importance et l'intérêt de ces grands appareils élévatoires, puisque, pour les grandes constructions, ils peuvent remplacer les charpentes énormes qu'on est obligé d'établir. D'après les chiffres que vient de donner M. Bonnet, s'il s'agissait d'une dépense de 500 000 francs, et que l'emploi de cet appareil permît de n'en dépenser que 33 000, on réaliserait une économie considérable.

M. Bonnet. Deux mois après que l'appareil est en marche, l'entrepreneur l'a déjà payé, il y a une économie de main-d'œuvre énorme.

M. Badois. Comment se fait la pose des pierres? Est-ce par assises ou n'importe comment?

M. Bonnet. M. Badois signale là un des grands avantages de l'appareil. On prend la pierre et on la pose n'importe où, quand elle arrive, à condition, naturellement, que la pierre sous-jacente puisse la recevoir. Il y a quelquefois trois ou quatre assises montées dans un coin, et rien dans l'autre. On peut poser, dans une assise, toutes les pierres et laisser celle du milieu; quand elle arrive, elle se pose parfaitement.

M. Badois. Comment l'entrepreneur règle-t-il son chantier avec cet appareil?

M. Bonnet. — D'après la dimension des pierres qui arrivent; il fait tailler quelquefois trois assises à l'avance, on n'a plus besoin de poser les pierres par assises complètes, comme nous le disions tout à l'heure.

M. Badois. — Le mouvement du balancier se fait-il facilement?

M. Bonnet. — Très facilement. On prend la pierre, et on va la porter quelquefois à 15 mètres à l'endroit où elle doit être posée. Pendant ce temps, le mécanicien règle le balancier, monte la pierre, et donne du nez s'il y a lieu; mais, il est presque toujours sûr d'arriver à l'endroit voulu; il n'y a presque pas de fausses manœuvres. Le mécanicien sait où la pierre va, et quand elle arrive, il la pose exactement à la place qu'elle doit occuper.

M. Quéruel. — Avec ce système, il y a moins de danger d'écorner les pierres?

M. Bonnet. — Et les hommes. Il y a pour eux comme pour les pierres, une sécurité absolue.

M. Forest. — Comment procédera-t-on pour les voûtes?

M. Bonnet. — On battra en retraite.

M. le Président. — Y a-t-il encore d'autres observations? Si personne ne demande plus la parole, je remercierai M. Bonnet de son très intéressant travail, et je le prierai de vouloir bien penser à nous fidèlement à la rentrée, pour faire une visite à l'Hôtel des Postes, comme il a bien voulu nous le promettre.

Le chariot transbordeur, sur lequel M. Bonnet aurait pu appuyer davantage, est une œuvre remarquable au point de vue mécanique et au point de vue de la précision.

Le mémoire de M. Bonnet sera publié in extenso dans le Bulletin.

MM. Gassaud et Verrier ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures et quart.

APPAREIL ÉLÉVATOIRE

DE 30 MÈTRES DE HAUTEUR

AVEC CHARIOT TRANSBORDEUR

PAR M. AUGUSTE BONNET

HISTORIQUE DE LA QUESTION. — Au mois de février 1881, lors de la construction du gros œuvre de l'Hôtel des Postes, à Paris, nous fûmes appelé à étudier un moyen permettant une pose rapide des pierres formant l'ossature extérieure de la future construction.

Il s'agissait d'amener les assises à environ 4 mètres au-dessus du niveau du plancher haut du rez-de-chaussée, sur un développement d'environ 380 mètres, en une seule campagne : celle qui commençait deux mois plus tard, en avril 1881.

Pour atteindre sûrement le résultat demandé, il était de toute évidence qu'il fallait substituer les moyens mécaniques aux moyens habituellement en usage dans les chantiers de construction de Paris.

Après des études et des tâtonnements, nous avons été amené à l'établissement d'une grue à balancier dont la charpente entière était en bois de sapin, balancier compris, et qui était mise en mouvement par une machine à vapeur du système mi-fixe.

Cette grue, de 13^{m},500 de hauteur totale, était établie sur une voie de 1^{m},750 de largeur entre axes des rails.

L'étude détaillée et la construction, de l'appareil, n'ont permis sa mise en service que vers le 15 mai.

Les résultats ont été satisfaisants et le problème résolu : du jour de la livraison de la grue à la fin du mois de septembre de la même année,

les assises étaient amenées à un niveau de 12 mètres au-dessus des trottoirs, sur tout le périmètre de l'édifice.

Pour diverses raisons un appareil plus puissant ne fut pas demandé et l'achèvement de l'Hôtel eut lieu avec les moyens habituellement employés par les poseurs de pierre.

Au mois de juin 1882, M. Riffaud, l'habile entrepreneur de Paris, chargé de la construction de l'église de Montmartre, fut frappé de la rapidité et de la précision de manœuvre de la machine employée l'année précédente à l'Hôtel des Postes. Il avait remarqué aussi que les charpentes, servant au bardage des pierres, étaient supprimées complètement.

Ce dernier avantage était d'une importance de premier ordre pour l'édification de la nef, au chantier de Montmartre. Après un bienveillant examen, M. Rauline, architecte, remplaçant l'architecte en chef, M. Abadie, alors malade, nous a demandé l'établissement d'un appareil semblable à celui employé à l'Hôtel des Postes avec de légères modifications : l'appareil fut porté à 15 mètres de hauteur totale.

C'est dans ces conditions que l'on est arrivé à la 23e assise; à Montmartre les assises sont réglées en hauteur à $0^m,45$.

La marche des travaux ayant été très régulière et l'économie résultant de la suppression des échafaudages se chiffrant par plus de 200 000 francs, l'année dernière nous avons été appelé à résoudre un problème beaucoup plus complexe.

C'est sa solution qui fait l'objet de cette communication.

- Données du problème. — Le programme qui nous était imposé se résumait de la manière suivante :

En hauteur, l'appareil devait pouvoir opérer la pose des assises, non seulement jusqu'aux sommiers des voûtes, mais encore poser ces sommiers et établir les voûtes, l'extrados de celles-ci étant à environ 27 mètres du sol de la nef.

En déplacement, la grue devait desservir les deux côtés de la nef et tout le pourtour du chœur.

La nef s'étend sur une longueur de $52^m,500$ et le chœur a un rayon de $7^m,280$ dans œuvre, ainsi qu'on peut le constater sur le plan des voies annexé à ce mémoire.

Les piliers ont $4^m,500$ d'épaisseur.

La partie centrale de l'édifice devait rester entièrement libre pour

permettre de satisfaire aux besoins du culte pendant la construction.

La translation étant nécessairement effectuée, dans la nef et au pourtour du chœur, à la volonté d'un mécanicien et suivant les besoins du service, par des moyens mécaniques dont la puissance motrice serait demandée à une machine à vapeur placée sur la plate-forme de l'appareil.

Un homme seul devant suffire à la manœuvre complète.

Tout en remplissant ce programme, il ne fallait pas songer à opérer, par l'appareil élévatoire seul, la translation dans une courbe intéressant les deux tiers d'une circonférence, l'axe du rail extérieur devant avoir un rayon de courbure de $6^{m},860$ au maximum.

Le passage, dans une courbe d'un aussi faible rayon, ne pouvait être obtenu qu'en établissant l'un des essieux en deux tronçons très courts, recevant chacun une roue, et se déplaçant afin que les trois essieux soient dirigés suivant des rayons de la courbe.

Le poids total est d'environ 25 tonnes, soit 6 250 kilogrammes sur chaque roue; dans ces conditions de charge les essieux ne pouvaient être mobiles.

Un appareil auxiliaire, spécialement disposé pour transborder l'appareil élévatoire, d'un alignement droit à un autre, devenait indispensable.

Notre étude comprend donc trois parties distinctes :

1° L'appareil élévatoire :

2° Le chariot transbordeur;

3° Les voies.

I. APPAREIL ÉLÉVATOIRE

Conditions d'établissement. — D'après le programme imposé nous devions réaliser la pose des pierres et la manœuvre des services accessoires, tels que les bennes contenant le mortier, à environ 27 mètres du sol de la nef.

Comme nous le constaterons dans l'étude de la voie, par suite de certaines obligations locales, le rail a dû être surélevé de $1^{m},400$ par rapport au sol de la nef, surélévation qui a été portée à 2 mètres pour permettre l'établissement du chariot transbordeur.

Le plan supérieur de la pose se trouvait donc ramené à 25 mètres du niveau du rail.

En choisissant le type adopté précédemment d'un balancier oscillant établi au sommet d'un pylône en forme de pyramide, il devenait nécessaire de prendre la hauteur de 25 mètres comme cote de la distance de cet axe au rail, afin de permettre d'atteindre le porte à faux assez considérable, de $4^{m},500$, demandé par l'épaisseur des piliers : le service extrême devant s'effectuer avec le balancier placé horizontalement.

Nous avons arrêté la hauteur du pylône à 25 mètres et la longueur du demi-balancier à $5^{m},500$, soit une hauteur totale de $30^{m},500$ au-dessus du rail pour l'axe de la poulie recevant la chaîne de charge, le balancier étant redressé.

Les deux parties de ce balancier sont symétriques afin de n'amener aucune modification dans la répartition des charges, et par conséquent nous avons donné au balancier une longueur totale de 11 mètres entre les axes des poulies extrêmes.

Les dimensions principales motivées, nous allons décrire le mode de construction adopté et l'ensemble des engins mécaniques assurant le service complet.

Balancier. — Cette pièce importante ne pouvait plus être constituée, comme dans les premiers appareils, par deux poutres en bois armées de tirants en fer boulonnés dans des sabots en fonte recevant les axes des poulies et l'axe d'oscillation.

La longueur de 11 mètres devait rendre difficile une égalité de résistance nécessaire, et, de plus, le poids de l'ensemble devenait plus considérable qu'avec deux poutres formées de treillis en fer : l'emploi du métal s'imposait donc, les conditions de légèreté et de régularité de résistance étant de premier ordre à une hauteur de 25 mètres et primant toutes les autres, notamment celles de l'économie dans la dépense d'établissement.

Le balancier a été formé par deux poutres en treillis de fer, ayant $0^{m},410$ de hauteur à l'axe et $0^{m},250$ à chaque extrémité. Ces poutres sont montées parallèlement sur un axe en fer qui les traverse toutes deux dans des tourteaux en fonte rivés sur des tôles qui forment l'âme des poutres au milieu et aux extrémités.

Pour augmenter la résistance tout en réservant le poids, ces poutres

ont été armées de tirants en fer à la partie supérieure; de distance en distance des entretoises évidées, placées à l'intérieur, maintiennent un écartement invariable entre les deux flasques.

A chaque extrémité de ce balancier sont disposés des axes tournant dans des coussinets en bronze montés dans les tourteaux en fonte; ces coussinets portent des graisseurs de la Coux contenant de l'huile pour plusieurs mois, le nombre des remplacements du corps lubrifiant devant être réduit autant que possible; des poulies, calées sur ces axes, reçoivent, l'une la chaîne de charge, l'autre la chaîne de retenue ou de rappel du balancier.

L'accès de ces extrémités du balancier est rendu possible par des échelons rivés sur le dessus des cornières supérieures du balancier, les tirants formant une sorte de double rampe de sécurité.

La chaîne de charge, visible sur l'ensemble de la grue (pl. 102), porte à la partie inférieure un crochet sur lequel sont frappés les contrepoids nécessaires pour opérer la descente de la chaîne à vide. Ces contrepoids pèsent ensemble 150 kilogrammes environ, formant l'équilibre d'une partie de la chaîne et du frottement de la poulie supérieure.

Cette chaîne, après son enroulement sur la poulie supérieure, passe entre les deux flasques du balancier et, s'enroulant de nouveau sur une deuxième poulie montée folle sur le milieu de l'axe d'oscillation, est renvoyée au treuil de charge placé sur la plate-forme inférieure, dont nous parlerons plus en détail en étudiant la machinerie.

Les pierres employées à Montmartre sont toutes des pierres dures provenant des carrières Civet et C^ie^ à Château-Landon; le levage est fait à la louve, les pierres arrivant toutes taillées et moulurées.

Le balancier doit permettre la pose des pierres directement à leur emplacement définitif sans aucun bardage supplémentaire; il est donc nécessaire qu'il puisse prendre toutes les positions depuis la position horizontale jusqu'au relèvement total limité par la chaîne de charge ramenée contre les montants.

En calculant la position du centre de gravité, on le trouve situé à 0^m^,210 au-dessus de l'axe d'oscillation; il résulte de cette situation que, lorsque le balancier dépasse la position faisant un angle de 50 degrés avec l'horizontale, il ne doit plus obéir à la chaîne de rappel et qu'il doit s'appliquer brusquement sur la charpente du pylône.

Pour donner au balancier une manœuvre régulière, il devient néces-

saire de ramener son centre de gravité en coïncidence avec l'axe d'oscillation, de le placer même en dessous de cet axe.

Cette manœuvre régulière est réalisée par des contrepoids réunis à la partie inférieure du balancier par des cornières et des tirants; le dessin montre parfaitement l'ensemble de ces dispositions.

Charpente. — Le pylône, portant le balancier à la partie supérieure et la machinerie à la partie inférieure, est formé par un ensemble de pièces de charpentes en bois, à l'exclusion de toute partie métallique en dehors des boulons d'assemblage.

Il est composé de deux montants verticaux assemblés dans un des longerons du châssis inférieur et réunis entre eux à diverses hauteurs, par des entretoises; extérieurement, et dans le plan vertical contenant les axes des montants, deux contre-fiches viennent contrebuter ces pièces avec lesquelles elles sont boulonnées et entretoisées.

En arrière de chacun des montants deux autres pièces inclinées, « les contre-fiches d'arrière, » reliées aux autres pièces principales par des boulons et des étriers, que les desseins montrent très clairement; la liaison est complétée par des entretoises.

Pour la constitution de cet ensemble l'emploi du métal n'était pas indiqué pour diverses raisons :

1° Le poids qui eût remonté le centre de gravité total à une trop grande hauteur au-dessus du sol et aurait compromis la stabilité ;

2° La difficulté d'assemblage des pièces au moment du levage;

3° L'économie du prix de premier établissement.

Les pièces travaillent toutes à la compression sauf les contre-fiches d'arrière qui travaillent à traction ; l'emploi du bois de sapin est favorable, il est plus léger que le chêne à égalité de volume et au moins aussi résistant dans les conditions des efforts agissant sur les montants et les contre-fiches.

Le bois de sapin se fend facilement, cet inconvénient présente une certaine gravité dans l'application spéciale dont nous nous occupons, aussi avons-nous cru devoir choisir un bois de même nature, mais plus ferme ; la charpente est exécutée en pitchpin.

Ce bois se trouvant en très beaux échantillons dans les provenances du Vénézuela, il nous était possible de composer la charpente d'éléments d'une seule pièce.

Il fallait se préoccuper du transport et, malheureusement, si l'on pouvait admettre les longueurs de 21 à 22 mètres jusqu'au pied de la

butte Montmartre, les voies d'accès à notre disposition pour parvenir au sommet ne permettaient le passage que jusqu'à 17 mètres de longueur, encore en prenant des précautions spéciales et en s'arrêtant au niveau du sol de la crypte du monument.

Nous avons donc été conduit à l'emploi de pièces fractionnées : les montants et les contre-fiches d'arrière sont formés de deux parties assemblées à traits de Jupiter de 3 mètres de longueur dont les dessins font voir les étriers à la partie supérieure pour les montants au tiers inférieur pour les contre-fiches.

Les pièces formant le pylône sont assemblées avec deux longerons à la partie inférieure. Elles sont reliées à ces longerons par de fortes ferrures boulonnées et encastrées, et ceux-ci sont réunis entre eux par deux traverses, ayant le même équarrissage, et des boulons ; leur longueur est de $6^{m},500$.

Ces quatre pièces, longerons et traverses, forment le châssis recevant un plancher sur lequel est installée la machinerie ; elles sont exécutées en chêne, les efforts qui agissent étant des efforts de flexion.

Tout cet ensemble balancier, charpente du pylône, châssis, est porté sur deux essieux en fer de $0^{m},150$ de diamètre, distants de 5 mètres et sur lesquels sont calées des roues en acier de $0^{m},600$ de diamètre à la circonférence de roulement.

Machinerie. — La machinerie est complexe elle doit répondre aux besoins suivants :

1° Élévation du fardeau ;

2° Manœuvre du balancier ;

3° Translation de la grue ;

4° Translation du chariot transbordeur.

La puissance motrice est demandée à une machine à vapeur du système mi-fixe, qui a été choisie verticale afin de trouver plus facilement son placement sur le plancher du châssis.

Cette machine est du type construit par MM. Boulet et C^ie^, elle est de la force de cinq chevaux de 75 kilogrammètres, l'arbre moteur tourne à 105 tours par minute.

Cette machine met en mouvement un arbre de transmission secondaire au moyen d'une courroie.

Cette transmission auxiliaire est établie sur une charpente spéciale formant un entretoisement de toutes les pièces, elle est située à

4m,500 au-dessus du plancher sur lequel est fixée la machine motrice et elle donne le mouvement :

(α) Au treuil de charge ;

(β) Au treuil de rappel du balancier ;

(γ) A la translation.

Treuils. — Il s'agit, pour les treuils, de choisir un type en usage dans les chantiers de Paris, qui ne forme pas un matériel hors série pour l'entrepreneur et dont les ouvriers ont la constante habitude.

Pour répondre à ces conditions nous avons cru devoir appliquer, à l'appareil élévatoire, deux treuils « Bernier » disposés pour fonctionnement à la vapeur et mettant en mouvement une chaîne de 0m,017 de diamètre aux maillons.

Pour les applications de l'appareil élévatoire où le système « Bernier » ne s'impose pas par les considérations qui précèdent, il y a avantage à manœuvrer les chaînes de charge et de rappel du balancier, par les treuils du système Mégy, Écheverria et Bazan.

En effet, les treuils de ce dernier système donnent une sécurité complète, dans la manœuvre, en limitant la charge à élever à une valeur maximum qui sert à règler l'action du ressort transmettant le mouvement moteur au tambour du treuil.

Les débrayages des courroies des deux treuils, quel que soit le système employé, sont ramenés près de la mise en marche de la machine motrice afin d'être absolument sous la main du mécanicien sans qu'il y ait, pour celui-ci, aucun déplacement.

Le treuil de charge est placé entre les deux montants verticaux, le treuil de rappel est fixé entre les deux contre-fiches d'arrière. Les dessins montrent très bien l'installation particulière de chacun de ces appareils.

Ces treuils sont à deux vitesses, mais ils fonctionnent presque exclusivement :

Le treuil de charge, à la grande vitesse ;

Le treuil de rappel, à la petite vitesse ;

La descente des pierres et des bennes à mortier s'effectue au moyen du frein comme sur tous les chantiers de construction. Il en est de même pour l'abaissement du balancier.

Translation. — La translation s'effectue par transmission d'engre-

nages à l'essieu placé sous la machine motrice et elle est commandée à la main au moyen d'un engrenage à doubles cônes de friction; suivant celui des cônes qui est attaqué par le débrayage, le déplacement de la grue a lieu, sur la voie, dans un sens ou dans l'autre avec une vitesse de $0^m,095$ à $0^m,100$ par seconde.

Le dernier engrenage, qui communique le mouvement à l'essieu moteur, est monté fou sur cet essieu et il n'en devient solidaire qu'au moyen d'un embrayage à emboîtements, qui est mis en action par le mécanicien agissant sur un grand levier vertical placé près des autres manœuvres sur le plancher même de la machine.

Ce dispositif est établi pour pouvoir réaliser le mouvement de translation de la grue, lorsqu'elle est placée sur le chariot transbordeur, comme nous le verrons en étudiant celui-ci.

Puissance de la grue. Résistance. — La grue a été calculée pour résister aux efforts provenant d'une charge de

2 800 kilogrammes.

La densité des pierres de Chateau-Landon variant de

2 380 à 2 430

le volume maximum qui peut être élevé, au chantier de Montmartre, est de

$1^{mc},200$.

Dans ces conditions : le fer travaille à

$6^k,500$ par millimètre carré

aussi bien à la flexion qu'à la compression pour les éléments constituant le balancier ; à

6 kilogrammes par millimètre carré

pour les essieux ; la fonte travaille à

2 kilogrammes par millimètre carré

pour les dents d'engrenages ; le bois à

$0^k,061$ par millimètre carré

pour compression seule ; et à

$0^k,850$ par millimètre carré

lorsqu'il est soumis à la fois à un effort de compression et à un effort de flexion, comme cela a lieu pour la partie supérieure des montants au-dessus de l'assemblage des contre-fiches.

L'appareil peut lever et poser 80 à 100 mètres cubes par jour suivant les conditions d'alimentation du chantier et de hauteur de pose.

La hauteur, cependant, n'a d'influence sur la rapidité de la pose que dans les valeurs extrêmes parce que le montage se fait en même temps que la translation s'effectue.

C'est ici le moment de faire remarquer que les pierres peuvent être mises en place, en n'importe quel point accessible à la grue, sans qu'il soit besoin de régler la pose par assises horizontales ainsi que cela a lieu avec le bardage ordinaire.

Certains points de la construction peuvent même être en avance de plusieurs assises sur d'autres points ce qui permet à l'entrepreneur de régler son chantier de taille non plus absolument sur l'état d'avancement, mais bien sur les dimensions des pierres qui lui arrivent de la carrière, diminuant ainsi les déchets et les fausses coupes et réalisant une économie.

Stabilité. — Une des questions les plus importantes à résoudre était d'assurer la stabilité de l'appareil.

Comme nous l'avons indiqué précédemment, le poids total des pièces, après exécution, est de 25 000 kilogrammes, c'est ce poids réparti convenablement qui doit assurer l'équilibre.

Le centre de gravité total, étant calculé par les méthodes habituelles, s'est trouvé :

1° A une hauteur de $7^{m},740$ au-dessus du rail extérieur;

2° A une distance de $1^{m},100$ de la verticale passant par l'axe de ce rail;

3° Et dans le plan vertical passant par les axes des montants et des contre-fiches d'arrière.

Le moment résistant est donc de :

$$25\,000 \times 1,100 = 27\,500$$

Le moment de renversement maximum est donné par la charge

2 800 kilogrammes,

le balancier étant horizontal; dans cette position, l'axe du rail, autour

duquel tend à se faire la rotation, est situé à $5^{m},100$ de l'axe de la chaîne de charge. Ce moment de renversement est donc :

$$2\,800 \times 5,1 = 14\,280.$$

Le rapport du moment résistant au moment de renversement est donc :

$$\frac{27\,500}{14\,280} = 1,925$$

donnant ainsi une sécurité absolue.

Il convient d'ajouter que la manœuvre avec le balancier horizontal n'est qu'un cas presque accidentel.

On peut se rendre compte de la valeur variable de la stabilité par le tableau ci-après :

Rapport du moment de résistance au moment de renversement. Coefficient de sécurité.	Distance du crochet de chargement à l'axe du rail extérieur.	Charge d'équilibre qui ne doit pas être dépassée. (Sans influence du vent.)
	mètres.	kilogrammes.
1,925	5,100 (bal. horizont.)	5420
2,195	4,500	6140
2,440	4,000	6875
2,820	3,500	7900
3,270	3,000	9166
3,950	2,500	11050
4,880	2,000	13750
9,760	1,000	27500
19,520	0,500	55000

Nota. — La charge que l'on ne dépasse pas est de :

2 800 kilogrammes.

L'influence du vent a une grande importance dans l'étude de la stabilité d'un appareil de ce genre.

A l'altitude assez haute où se trouve la grue et à cause de l'isolement complet de la butte Montmartre, les ouragans sont fréquents : deux ont sévi pendant la belle saison, cette année.

Dans l'application particulière dont nous nous occupons il y a une

circonstance très favorable à la résistance à l'action du vent : la grue est protégée dans la partie inférieure, sur une hauteur d'environ 12 mètres, par les charpentes et les parties construites de l'édifice que l'on voit très bien sur la partie gauche du dessin.

Il reste cependant 18 mètres entièrement exposés à l'action totale des ouragans, ces 18 mètres étant dans la position la plus défavorable à la résistance.

Nous avons cru devoir appliquer, à l'appareil élévatoire, le mode de calcul qui servit à déterminer les conditions de stabilité lors de la construction du phare d'Aar-Nem dans la baie des Trépassés (Finistère).

Cette méthode de calcul est déduite d'une série d'expériences faites par l'administration des phares et tient compte de toutes les circonstances particulières aux constructions élevées et isolées.

Ces calculs nous ont conduit aux résultats suivants :

La direction du vent étant normale à la voie et agissant à l'arrière de la grue, pour que la stabilité soit sur le point d'être compromise, il faut que la pression par mètre carré soit de :

162 kilogrammes le balancier étant droit, et de

222 kilogrammes le balancier étant horizontal.

Ces chiffres supposent la grue non chargée ; seul cas à prévoir pour ces actions extrêmes puisque bien avant qu'elles ne se réalisent, les ouvriers doivent avoir cessé tout travail sur le chantier.

Sécurité dans les manoeuvres. — En terminant cette étude, nous devons attirer l'attention sur un fait que nous avons constaté depuis 1881 et qui, pour nous Ingénieurs ayant la responsabilité de la vie des hommes qui travaillent sous nos ordres, est d'un grand intérêt : la pose de 15 000 mètres cubes de pierre, par ces appareils, s'est effectuée non seulement sans danger pour l'existence des personnes qui y ont été employées mais encore sans qu'aucune d'elles ait été blessée sérieusement.

II CHARIOT TRANSBORDEUR

Conditions d'établissement. — L'appareil élévatoire, ainsi que nous l'avons dit en commençant, doit permettre la construction des murs du

pourtour du chœur, le nu des soubassements de cette partie de l'édifice appartenant à une portion de cylindre de $7^m,280$. La voie qui dessert cette partie du chantier ne peut avoir plus de $6^m,860$ de rayon pour l'axe du rail extérieur.

Les essieux de la grue étant distants de 5 mètres on a donné une longueur de $6^m,500$ au chariot transbordeur, longueur égale à celle des longerons du châssis inférieur de l'appareil élévatoire.

Les conditions spéciales d'établissement du chariot, sont les suivantes :

1° Il doit permettre un accès facile à l'appareil, soit en venant des voies latérales soit en se rendant à ces voies;

2° Le chariot est relié à la voie latérale, par laquelle arrive la grue, jusqu'au moment où la grue devient solidaire du chariot;

3° Le chariot et la grue sont rendus solidaires par un mouvement automatique et cette solidarité doit exister pendant toute la translation autour du chœur;

4° Le mouvement moteur du chariot est pris directement sur le mouvement de translation de la grue;

5° Le chariot est relié à la voie latérale, sur laquelle se trouve la grue, lorsqu'elle opère la pose des pierres dans la nef; pendant cette période il y a enclenchement des pièces mobiles du chariot afin que la grue ne puisse s'engager sur ledit chariot sans que celui-ci soit prêt à la recevoir.

Description. Le chariot est formé par un châssis métallique, à âme pleine, composé essentiellement de deux longerons entretoisés par deux traverses extrêmes, deux traverses intermédiaires et deux contreventements horizontaux.

La rigidité de l'ensemble est encore augmentée par des goussets G (fig. I, pl. 103) reliant les entretoises et les longerons.

Les longerons ont $6^m,500$ de longueur. Les poutres formant les longerons et les traverses ont $0^m,370$ de hauteur.

Le chariot est établi sur roues extérieures au châssis reposant sur des supports spéciaux B (fig. I), disposition qui permet de donner à l'ensemble le minimum de hauteur.

Ces roues sont au nombre de 5, afin d'assurer la stabilité; elles ont $0^m,600$ de diamètre au roulement, et elles sont calées sur des essieux dirigés suivant le rayon $m\ n$ de courbure de la voie.

Liaison du chariot et des voies latérales. Accès. — Pour opérer la liaison du chariot avec les voies latérales, les deux traverses extrêmes portent chacune un verrou que l'on voit très nettement en avant du dessin. (pl. 102.)

Le déclenchement du verrou se fait à la main au moment où la grue quitte le chariot ; l'enclenchement est automatique et s'effectue dès que la traverse extrême du chariot arrive en contact avec la traverse de butée de la voie latérale.

A ce moment les rails du chariot et les rails de la voie latérale sont rigoureusement dans le prolongement les uns des autres.

Les longerons reposent, dans la position du contact de butée, sur des patins en acier légèrement inclinés afin d'éviter le frottement au départ.

Ces patins ont pour but d'empêcher le chariot transbordeur de basculer quand la grue s'engage sur ses rails, le moment donné par le poids du chariot par rapport à l'axe passant par le point de contact des roues sur le chemin circulaire étant, à cet instant, inférieur au moment donné par le poids de la grue par rapport à ce même axe.

Les rails du chariot sont montés sur les longerons par les moyens habituellement employés pour fixer les rails, sur les plaques tournantes, dans les chemins de fer : ils reposent sur des sellettes et sont boulonnés par l'intermédiaire de crapauds en fonte.

Solidarité de la grue et du chariot. — L'appareil élévatoire étant arrivé sur le chariot, il est nécessaire que la solidarité de l'ensemble soit rendue complète.

A chaque extrémité des rails il est disposé, à cet effet, un verrou en fer forgé coulissant dans des guides en fonte établis dans des conditions de solidité exceptionnelles.

Ces verrous et leurs guidages se voient au premier plan de la planche 102. Ils reçoivent la butée des boudins des roues de la grue.

Ces verrous sont manœuvrés par des bielles actionnées par un levier à contrepoids L (fig. II, pl. 103) semblable à ceux employés par les compagnies de chemins de fer pour les changements de voies.

Les bielles sont en deux parties avec filetages en sens inverse et écrous de réglage.

Le fonctionnement de ces leviers, et par suite des systèmes qu'ils commandent, est automatique, il a lieu de la manière suivante :

Les verrous sont ouverts quand le lévier a dépassé légèrement la position verticale, quand il est en *m n* (fig. II, pl. 103).

Lorsque la grue est près d'être complètement engagée sur le chariot, un taquet de butée, qui est fixé sur le longeron de la grue, entraîne le levier à contrepoids hors de la position verticale, jusqu'au moment où les deux verrous qu'il commande viennent buter intérieurement sur les boudins des roues.

Dans cette position, le taquet est dégagé du contact de l'extrémité du levier, les verrous sont prêts à se fermer et la grue peut achever son mouvement.

Dès que ce mouvement a son amplitude complète, les boudins découvrent les verrous qui, rendus libres, achèvent leur fermeture sous l'action toujours croissante de la pesanteur du levier de manœuvre.

Le taquet de butée se voit sur le longeron de droite du châssis de la grue (pl. 102). Le levier a terminé son mouvement et les verrous sont fermés.

L'ouverture des verrous ne peut avoir lieu que sous l'action volontaire du mécanicien, par une manœuvre à la main. La solidarité est donc complète pendant toute la période de translation de l'ensemble autour du chœur.

Mouvement moteur du chariot. — Un des points intéressants du système adopté consiste à demander le mouvement moteur du chariot, autour du chœur, à l'appareil élévatoire lui-même.

Nous avons indiqué que le dernier engrenage placé sur l'essieu moteur de la grue était monté fou sur cet essieu et qu'il en devenait solidaire au moyen d'un embrayage à emboîtements.

Dès que l'appareil élévatoire est placé sur le chariot et que les verrous sont fermés, le mécanicien débraye le manchon au moyen du levier vertical qu'il a sous la main.

Un aide vient, à son commandement, faire glisser l'engrenage I (fig. III, pl. 103) placé sur l'arbre auxiliaire AB appartenant au chariot. Cet engrenage I est relié à l'arbre AB, au moyen d'une longue clavette, et il est manœuvré par un levier d'embrayage LL' dont les positions extrêmes sont assurées par une broche *b* s'engageant dans un arc de cercle. Cette broche est reliée au chassis par une chaînette.

Sur l'arbre auxiliaire AB se trouve calé un engrenage conique *m*,

qui donne le mouvement à une autre roue *n*, calée sur l'arbre J, dirigé suivant un rayon de la circonférence de l'axe de la voie desservant le chœur.

Sur cet arbre J est calée une roue légèrement conique O, qui engrène avec une crémaillère scellée sur le sol du chœur entre les deux files de rails et très visible dans la planche 102.

Le sommet des surfaces coniques de la roue O est évidemment le centre des voies de service du chariot.

Le fonctionnement devient alors fort simple ; le mécanicien, en agissant sur le débrayage à cônes de friction, transmet le mouvement à l'engrenage, O, roulant sur la crémaillère en passant par l'essieu de la grue qui est devenu un axe de rotation pour l'engrenage qu'il reçoit. L'ensemble, chariot et appareil élévatoire, manœuvre comme nous l'avons expliqué pour l'appareil élévatoire seul.

Afin d'éviter les erreurs dans la mise en route, le sens de marche des roues du chariot est le même que celui des roues de la grue pour un même déplacement du levier d'embrayage.

Lorsque l'appareil élévatoire doit quitter le chariot, la manœuvre se fait en sens inverse de celle que nous venons de décrire.

L'aide mécanicien fait glisser, en sens inverse de celui indiqué ci-dessus, l'engrenage moteur du chariot I (fig. III, pl. 103), le mécanicien embraye le manchon à emboîtements de l'essieu de la grue. Le levier L (fig. II) des verrous, du côté de la voie latérale, est relevé et l'appareil élévatoire, devenu libre, fonctionne normalement laissant le chariot solidaire de la traverse de butée et prêt pour recevoir ultérieurement l'appareil élévatoire.

Comme nous venons de le voir, le levier a été relevé pour rendre la voie libre, il y a donc à se préoccuper de la rencontre du taquet automatique d'enclenchement des verrous, situé sur le longeron du châssis de la grue, qui va attaquer l'extrémité du levier en sens inverse du mouvement de bascule qu'il doit communiquer à celui-ci.

Il faut supprimer son action, c'est ce qu'il a été facile de réaliser en rendant ce taquet mobile autour de son axe, en le maintenant dans sa position normale par un étrier servant de butoir et en le ramenant au contact de ce butoir par un contrepoids fixé à l'extrémité d'un levier d'équerre avec le taquet lui-même.

Lorsque l'extrémité du levier sera rencontrée par le taquet, au moment où la grue quittera le chariot, ce taquet oscillera autour de son

axe sans actionner le levier et il reviendra automatiquement à sa position normale aussitôt que l'obstacle sera dépassé.

Enclanchement des pièces mobiles du chariot. — Nous venons d'expliquer comment le chariot laissait toujours libre l'accès de la grue. Il y avait lieu de se préoccuper de rendre impossible un accident résultant de ce que les pièces mobiles du chariot, manœuvrées pendant que l'appareil élévatoire fonctionne sur les voies latérales, aient pu amener l'ouverture de tous les verrous à la fois. En effet les deux leviers étant verticaux la voie est libre et la grue ne rencontrant aucun arrêt dépasse l'extrémité du chariot.

On acquiert toute sécurité en terminant l'arbre de commande des verrous, du côté opposé au levier, par une manivelle et une bielle *b'* (fig. II, pl. 103) qui actionnent un étrier E, en lui donnant un mouvement en sens inverse de celui du levier qui est relié avec lui.

Dans ce déplacement l'étrier E vient entourer l'extrémité du levier L et empêche qu'il soit possible de relever celui-ci. Ce dispositif existant de chaque côté du chariot, il en résulte qu'on ne peut relever un levier, tel que L, sans avoir, préalablement, abaissé l'autre.

Les leviers, dans la position basse, correspondent à la fermeture des verrous, par conséquent on ne peut rendre la voie libre, d'un côté, qu'après l'avoir fermée du côté opposé. La grue ne peut s'engager sur le chariot sans que, automatiquement, les verrous extrêmes ne forment butée car, s'il en était autrement, ce seraient les verrous du côté de la voie d'accès qui eussent été fermés et la voie n'eût pas été libre.

La sécurité est donc complète.

III. — VOIES.

Pour terminer cette étude nous n'avons plus que quelques mots à dire des voies sur lesquelles circulent les appareils que nous venons de décrire.

La configuration générale du plan de ces voies (pl. 104) est formée par deux alignements droits, continués par deux courbes de 106^{m},750

de rayon prolongées par deux nouveaux alignements droits, ayant une longueur de 6m,700, qui donnent la direction de l'axe du chariot à chacune des butées.

Les voies de la nef ont 2m,880 de largeur, les rails sont en acier et ont été pris sur le type de 30 kilogrammes de la compagnie du Nord. Ces rails sont fixés sur des longrines entretoisées par des madriers et des boulons. Il y a trois entretoisements par longueur de rails de 8 mètres.

Les longrines sont posées sur un plancher général régnant sur toute la crypte, les voûtes qui reçoivent les mosaïques du sol définitif n'étant pas encore construites.

Les rails desservant le chœur sont établis à 0m,595 en contre-bas de la voie de la nef afin de permettre l'interposition du chariot entre ces deux niveaux.

Le sol définitif étant préparé dans cette partie de l'édifice, les longrines sont scellées dans la maçonnerie recouvrant l'extrados des voûtes de la crypte.

La voie a une largeur différente de celle indiquée pour la nef puisqu'elle doit recevoir les roues du chariot qui sont situées en dehors des longerons de celui-ci ; cette voie a 3m,100 de largeur, l'axe du rail extérieur étant cintré suivant une circonférence de 6m,860 de rayon, celui du rail intérieur n'étant que de 3m,760.

La crémaillère placée entre ces deux files de rails a 4m,470 de rayon ; sur ses faces latérales roulent quatre galets qui concourent avec les boudins des roues à empêcher tout déraillement.

Le plan complet des voies comprend tous les développements nécessaires et donne tous les détails d'installation (pl. 104).

LEVAGE SUR PLACE

Le levage de l'appareil élévatoire s'est fait avec une grande facilité, en utilisant une charpente de 12 mètres de hauteur que montrent les dessins (pl. 102) et qui a servi à l'édification des bas-côtés du monument.

On a fixé sur cette charpente deux sapines légèrement inclinées l'une

vers l'autre, distantes de 4 mètres environ à la base et réunies entre elles par des traverses formant échelons. La traverse supérieure, constituée par des madriers moisés à la tête des sapines, a reçu la chape d'une poulie sur laquelle s'enroulait la corde d'un treuil placé sur le sol provisoire de la nef. Cette poulie était à 36 mètres du sol.

Les sapines étaient retenues par des haubans dont on réglait à volonté la tension pendant le levage des pièces les plus pesantes.

L'ensemble de l'appareil élévatoire et du chariot transbordeur a été exécuté d'une manière remarquable dans les ateliers de MM. Renaux fils et Bonpain, à Rouen. M. Bonpain est un de nos collègues les plus sympathiques.

Le levage a été fait avec une précision irréprochable.

Nous aurions pu aborder plus tôt cette communication; mais, d'accord en cela avec notre cher et éminent Président, nous avons voulu attendre qu'une expérience de quelques mois puisse apporter une consécration à nos prévisions; aujourd'hui cette consécration est complète, les appareils n'ont pas cessé de fonctionner régulièrement depuis la mise en marche et de donner une solution du problème qui nous avait été posé, avec tant de hardiesse, par l'architecte M. Rauline.

CHRONIQUE

Sommaire. — Locomotives employées aux travaux du tunnel de l'Arlberg. — Les ateliers de Baldwin. — Les Aciéries de Bilbao. — L'industrie minérale en Belgique. — R. Fairlie. — Observations sur le fonctionnement des machines à deux cylindres.

Locomotives employées aux travaux du tunnel de l'Arlberg. Nous trouvons dans les *abstracts of papers in foreign transactions*, contenus dans les publications de l'*Institution of civil Engineers*, le résumé suivant d'une note parue dans le *Zeitschrift für Berg-Hütten und Salinen Wesen* sur les locomotives employées aux travaux du tunnel de l'Arlberg.

Le tunnel, de 10 270 mètres de longueur, est en alignement droit, mais avec des inclinaisons différentes; la rampe, en partant de l'entrée ouest, est de 15 millièmes sur 6 170 mètres, et est suivie d'une pente de 2 millièmes sur les 4 100 mètres restant, ce qui place le point culminant à 1 035 mètres au delà du milieu. Ce fait, joint à celui que l'avancement a été plus rapide sur l'attaque est que sur l'autre, puisque les deux galeries se sont rencontrées à 5 500 mètres de l'entrée est, a rendu nécessaire l'enlèvement des déblais sur une rampe de 15 millimètres de plus de 1 500 mètres de longueur, ce qui a exigé l'emploi de moteurs mécaniques.

Le tunnel a été exécuté dans le système anglais, avec la galerie d'avancement à la partie inférieure; cette galerie, de $2^m,50$ de hauteur sur $2^m,75$ de large, était reliée, à des distances de 65 mètres environ, par des ouvertures de 3 à 4 mètres carrés de section avec une autre galerie placée à la partie supérieure et percée à la main, tandis que la galerie inférieure était percée mécaniquement. La galerie supérieure servait à l'élargissement qu'on pratiquait de haut en bas sur 1 500 mètres environ de longueur, la construction du revêtement en maçonnerie suivant à mesure de l'élargissement. Comme le contrat stipulait que le tunnel devait être entièrement terminée 180 jours après la rencontre des deux galeries d'avancement, la question de l'enlèvement des déblais, qui devait être opéré par une voie unique, dans la galerie inférieure, prenait une importance capitale.

Le cube, par mètre linéaire du tunnel à double voie, était de 80 mètres d'une densité moyenne de 2, 8; de plus, le revêtement employait environ 29 mètres cubes d'une densité de 2, 6; en ajoutant les outils, les bois rails, etc., on arrivait à une charge de 90 vers l'ouest et de 340 tonnes vers l'est, par mètre courant, soit, avec un avancement de $5^m,50$ par jour,

à une charge totale de 1 815 tonnes utiles représentant 3 025 tonnes brutes par jour à enlever sur chaque extrémité du tunnel.

La voie était établie à l'écartement de $0^m,700$; les wagons de $2^m,57$ de longueur à l'intérieur, $1^m,18$ de largeur et $0^m,53$ de hauteur, portaient 2,30 mètres cubes de déblais correspondant à $1^m,30$ d'excavation.

Les trains devaient se succéder d'après un horaire parfaitement réglé, de manière que les ouvriers pussent connaître le moment précis où le chargement ou le déchargement des wagons devait être terminé. Il y avait 12 trains dans chaque sens à l'est et 16 à l'ouest; sur ce dernier sens, le retour s'effectuait par la gravité seule. Chaque train avait un conducteur et chaque chantier de travail était désigné par un numéro. Le conducteur recevait à chaque chantier, en passant, l'indication des matériaux ou wagons vides nécessaires, et on constituait le train suivant de manière à satisfaire à ces demandes; ce train se dirigeait vers une station centrale établie dans le tunnel le plus près possible des chantiers de travail, d'où on conduisait à la main les wagons à chaque chantier. De même pour le retour.

Les locomotives, construites par Krauss et Cie, de Munich, étaient disposées de façon à fonctionner dans le tunnel d'après le principe de *l'eau chaude*. C'étaient des machines-tender ordinaires avec des chaudières très volumineuses relativement et pouvant supporter des pressions de 15 atmosphères, de manière qu'on pût, par le chauffage ordinaire, emmagasiner dans l'eau assez de chaleur pour fonctionner dans le tunnel sans combustion dans le foyer, la cheminée étant hermétiquement fermée; on a appelé ce mode de fonctionnement système à chauffage intermittent. Il y avait deux types de machines dont les dimensions sont données dans le tabeau ci-dessous.

			I	II
1	Diamètre du cylindre d.	mètres.	0,23 à	0,25
2	Course des pistons l.	—	0,30	0,30
3	Diamètre des roues motrices D. . .	—	0,58	0,58
4	Écartement des deux essieux. . . .	—	1,40	1,40
5	Surface de chauffe.	mètres carrés.	18,01	27,59
6	Surface de grille.	—	0,30	0,425
7	Pression maxima p.	atmosp. effectives.	15	15
8	Volume de vapeur de la chaudière.	décimètres cubes.	660	945
9	— d'eau —	—	2,340	3,500
10	Capacité des caisses à eau.	—	660	765
11	— soutes à combustible.	—	235	495
12	Poids en service.	tonnes	10	14,5
13	Hauteur maxima de la machine. . .	mètres.	3,50	3,50
14	Largeur — — . . .	—	2,10	2,10
15	Longueur — — . . .	—	4,35	4,95
16	Effort de traction à 12 atmosphères . . . . . $\left(Z = \frac{0,6 \times 12\, d^2 l}{D}\right)$	kg.	1,793	2,328
17	Effort de traction en fraction de p. . . . . $\left(Z = \frac{0.6\, d^2 l}{D}\, p\right)$		1,642 p.	1,939 p.

Les dispositions spéciales de ces machines, en vue des parcours souterrains, comprenaient :

1° Un régulateur établi pour fonctionner comme détendeur ;

2° Un double clapet placé dans le tuyau d'échappement pour permettre à la vapeur sortant des cylindres de passer dans la cheminée ou dans un tuyau spécial aboutissant à l'extérieur ;

3° Deux injecteurs aspirants de Kœrting ;

4° Des enveloppes non conductrices spéciales autour de la chaudière pour protéger celle-ci contre le refroidissement ;

5° Des dispositions pour fermer hermétiquement la cheminée et le cendrier, depuis la plate-forme ;

6° Un frein à action rapide et puissante, système Exter, et une sablière. Ces deux appareils sont disposés sur la droite de la machine qui ne porte qu'un seul homme ; celui-ci est dans une cabine close, et le mécanisme est entièrement entouré.

La note originale discute le travail développé eu égard à la pression, la vitesse, etc., d'une manière trop détaillée pour qu'il soit possible de la reproduire *in extenso*. La limite inférieure de pression à laquelle on ait trouvé utile de marcher est de 6,7 atmosphères pour la plus grande machine, et 5, 4 pour la plus petite ; mais, en service courant, on ne descendait pas au-dessous de 7. La charge maxima, traînée par la petite machine, était de 117 tonnes sur rampe de 2 millièmes, et par la grosse, de 50 tonnes sur 15 millièmes.

Dans le premier cas, la machine pouvait parcourir 4 340 mètres sans chauffage, et dans le second, 3 675 mètres. En pratique, ces distances ont été trouvées un peu moindres. Si on suppose que la petite machine travaille à niveau, elle pourra, en utilisant son adhérence entière, traîner 100 tonnes sur une rampe de 1,25 millièmes ou 148 tonnes sur une pente de même valeur ; avec des wagons pesant 350 kilogrammes à vide et 850 en charge, ces efforts de traction correspondraient à un train de 174 wagons chargés ou 286 wagons vides remorqués sur une distance de 3 500 mètres. Mais on n'a pas, en pratique, à rencontrer des cas semblables, ou bien on a de plus longues distances à parcourir. Or, comme les charges à remorquer sont beaucoup moindres, on peut employer de plus petites machines.

En somme, les résultats obtenus au point de vue de l'absence de fumée ont été très satisfaisants ; quant à l'échappement de vapeur à l'extérieur, il n'a occasionné aucune gêne. Pendant les derniers mois de l'achèvement des travaux, il a été nécessaire de marcher avec combustion dans le foyer sur à peu près 2 kilomètres, à partir de l'entrée, pour avoir assez de pression pour achever le parcours.

La vitesse de marche était de $2^m,10$ à $2^m,30$ par seconde, sur le côté est, et de $1^m,50$ à $1^m,80$ sur la partie ouest.

L'auteur de la note pense que ce système est le meilleur pour la traction mécanique souterraine. Le tableau page 231 résume les résultats des expériences faites pour apprécier le fonctionnement de ces machines.

Numéros des parcours.	DIRECTION.	Type de machines.	Longueur du parcours sans chauffage.	Durée du parcours en minutes.	Pression initiale en atmosphères.	Pression finale en atmosphères.	Poids adhérent de la machine.	Charge remorquée.	Effort de traction.	Travail effectué par la machine en kilogrammètres.	Température initiale de la vapeur en degrés centigrades.	Température finale.	Nombre de calories.	Eau dépensée en litres.	Poids d'eau dans la chaudière.	Travail développé par la vapeur.
			m.													
1	Est montée . . .	I	2.220	19	15.0	10.2	10.0	88.0	696.0	1.545.120	203.8	186.6	666.0	80.8	2 340	1.616.000
2	— descente . .	I	2.260	16	10.2	7.6	10.0	180 0	580.0	1.310.800	186.6	174.5	661.5	56.1	2.340	1.122.000
3	— montée . . .	I	2.260	19	15.0	9.4	10.0	87.0	689.0	1.557.140	203.8	183.2	665.5	100.0	2.340	2.000.000
4	— descente . .	I	2.160	16	9.4	7.2	10.0	197.0	631.0	1.362.960	183.2	172.8	660.8	50.0	2.340	1.000.000
5	Ouest montée.	II[1]	2.780	26	14.9	8.9	14 5	70.0	1.914.5	5.323.310	203.0	181.0	665.0	159.1	3.500	4.930.000
		I			14.8	9.7	10.0				202.0	184.0	665.4	87.5	2.340	
6	— —	II[1]	2.780	30	15.1	7.4	14.5	103.95	2.594.5	7.212.710	204.0	174.0	664.1	214.3	3.500	7.294.000
		I			15.0	7.2	10.0				203.8	172.2	663.8	150.4	2.340	
7	— —	II	2.780	28	15.1	14.5	14.5	50.4	1.312.5	3.648 750	204.0	181.2	665.2	165.0	3.500	3.300.000

1. Double traction.

Les ateliers de Baldwin. Les ateliers de construction de locomotives de Baldwin furent fondés par Mathias W. Baldwin, qui exerçait la profession d'orfèvre. En 1825, il s'associa à un mécanicien pour fabriquer des outils de relieurs et des cylindres pour l'impression du calicot. Il eut occasion de construire, pour son propre usage, une petite machine à vapeur dont le fonctionnement fut si satisfaisant qu'on lui demanda d'en construire d'autres, de sorte qu'il se trouva conduit à s'occuper de la fabrication des machines à vapeur. En 1831, il fit un modèle réduit de locomotive pour une exposition, et la parfaite exécution de ce modèle engagea une compagnie de chemins de fer à commander à Baldwin une locomotive pour une petite ligne dans un faubourg de Philadelphie. Les difficultés que comportaient l'exécution de cette commande sont difficiles à apprécier à notre époque. On ne possédait pas alors de machines-outils : les cylindres étaient alésés avec un burin emmanché dans un bloc de buis et tourné à la main; il fallait apprendre aux ouvriers tout ce qu'ils avaient à faire, et Baldwin dut faire de ses propres mains une partie du travail. C'est dans ces conditions que fut faite la première locomotive qui fut baptisée *Old Ironsides* et essayée sur la voie le 23 novembre 1834. Elle fit immédiatement un service très actif et le continua pendant une vingtaine d'années. C'était une machine à quatre roues, pesant un peu plus de cinq tonnes, avec des roues motrices de $1^m,35$ de diamètre et des cylindres de $0^m,24$ de diamètre et $0^m,45$ de course. Les roues avaient des moyeux en fonte avec rayons et jantes en bois et des bandages en fer.

La chaudière avait $0^m,75$ de diamètre et contenait 72 tubes en cuivre de 37 millimètres de diamètre et $2^m,13$ de longueur. Le prix avait été fixé à 20 000 francs, mais la compagnie du chemin de fer, par suite de diverses circonstances, ne paya jamais que 17 500 francs. La machine atteignit une vitesse de 48 kilomètres à l'heure, et on dit qu'elle était supérieure aux locomotives anglaises de l'époque, par son faible poids, ses dimensions réduites et la simplicité de son mécanisme.

En février 1834, Baldwin termina une seconde locomotive pour un chemin de fer de la Caroline du Sud. Cette machine avait un essieu coudé du type bien connu depuis, dit *Halfcrank*, pour lequel Baldwin avait pris une patente; cette disposition, plaçant les manivelles contre les roues, permettait de faire le corps cylindrique de plus grand diamètre et d'en abaisser l'axe.

Les roues motrices étaient fondues d'une seule pièce en bronze, les roues en bois et fer n'ayant donné que de médiocres résultats. Baldwin avait obtenu une patente pour le mode de construction des roues en bronze; il pensait qu'en variant la dureté du métal, on pourrait modifier l'adhérence sur les rails. Ces roues s'usèrent très rapidement, et on dut y renoncer; mais, pour le reste, on conserva les dispositions de cette machine dans toutes celles qui furent construites pendant plusieurs années. Le mouvement des tiroirs était donné par un seul excentrique fixe pour chaque cylindre.

Cinq locomotives furent construites en 1834 et inaugurèrent une fabrication courante; en 1835, on construisit des ateliers qui firent, jusqu'à l'année dernière, partie de l'établissement actuel sur Broad street, ces batiments servant de magasins et d'ateliers de chaudronnerie et de fabrication de roues. Le 4 août 1884, toute la façade sur Broad street fut incendiée, avec quantité d'outils et de modèles. On a remplacé cette partie par des bâtiments en briques.

Les machines construites en 1834 avaient diverses parties brevetées, telles que l'essieu coudé, les joints dressés pour les tuyaux de vapeur, la pompe alimentaire formant guide, un truc à quatre roues à l'avant de la machine, et une seule paire de roues motrice à l'arrière du foyer. Les Anglais faisaient les joints des tuyaux de vapeur avec de la toile et du minium, ce qui ne supportait pas des pressions supérieures à 4 ou 5 kilogrammes, tandis que les joints des machines de Baldwin permettaient des pressions de 8 à 10 kilogrammes.

Dans les six années de 1835 à 1840, les ateliers de Baldwin construisirent 152 locomotives et, bien que les dispositions générales ne fussent pas sensiblement modifiées, ces machines étaient de plus en plus puissantes. On faisait alors trois types : machines de 12 tonnes, à cylindres de $0^m,32$ sur $0^m,40$; machines de 10,5 tonnes à cylindres de $0^m,30$ sur $0^m,40$ et machines de 9 tonnes à cylindres de $0^m,27$ sur $0^m,40$.

En 1842, Baldwin prit une patente pour ce qui a été depuis considéré comme un très important perfectionnement dans la construction des locomotives, la machine avec six roues accouplées et un truc à quatre roues à l'avant. La première machine de ce type pesait 12 tonnes, et elle donna des résultats tels que d'autres semblables furent immédiatement exécutées; l'adoption de ce type conduisit à un rapide accroissement de poids, et, dès 1844, on faisait des machines de 18 à 20 tonnes. En 1845, on adopta le modèle actuel à 4 roues accouplées et un truc à quatre roues à l'avant, avec les cylindres et le mécanisme extérieurs. En 1848, Baldwin s'engagea à livrer au Vermont Central Railway, pour la somme de 50 000 francs, une locomotive pouvant remorquer un train de voyageur à la vitesse de 96 kilomètres à l'heure. Cette machine avait une seule paire de roues motrices de $1^m,985$ de diamètre, placées à l'arrière du foyer, et des cylindres de $0^m,44$ de diamètre et $0^m,50$ de course; elle fut en service pendant plusieurs années, et il fut, à diverses reprises, constaté qu'elle pouvait démarrer et parcourir un mille (1610 mètres) dans une durée de 43 secondes.

L'introduction de l'acier dans la construction des locomotives fut un fait caractéristique de la période de 1861 à 1862. On mit pour la première fois des bandages d'acier à des machines du chemin de fer de Don Pedro II du Brésil. Son adoption générale aux États-Unis suivit de près. On n'en fabriquait pas alors dans le pays, et, comme il fallait de 60 à 90 jours pour les avoir d'Angleterre, on était exposé à voir, en cas de rupture d'un bandage, une machine immobilisée longtemps. Pour répondre à cette objection, la maison Baldwin fit venir 500 bandages, dont une partie fut

gardée en réserve pour rechanges. Les premiers bandages en acier, employés en 1862 sur les machines de Don Pedro II, avaient un épaulement à la partie intérieure, épaulement qu'on rabattait sur la jante de la roue. Tous les bandages actuellement employés dans les ateliers Baldwin sont fabriqués aux États-Unis.

Les foyers en acier furent d'abord appliqués à des machines du Pensylvania Railroad, en 1861. On se servit d'abord d'aciers anglais durs, et les foyers se fendirent dès le montage; on dut les enlever et les remplacer par des foyers en cuivre.

De l'acier fondu homogène américain fut employé sur les machines 231 et 232 du Pensylvania Railroad, en janvier 1862, et les résultats furent très satisfaisants; on mit des foyers de ce métal à la plupart des machines faites depuis cette époque, et, en 1866, l'emploi de l'acier était devenu général pour les foyers. Il est bon de dire que toutes les tôles qui entrent dans la construction des chaudières sont recuites avant leur emploi et que celles qui ont subi un travail de cintrage ou de rabattage sont recuites une seconde fois.

Après la mort de Baldwin, survenue le 7 septembre 1866, l'affaire fut réorganisée sous le nom de : ateliers de locomotives de Baldwin, Baird et Cie. MM. George Burnham et Ch. T. Parry, qui étaient depuis longtemps dans la maison, le premier pour la partie financière, le second pour la direction des ateliers, devinrent associés avec M. Baird. Trois ans après, MM. Édward H. Williams, William P. Henszey et Edward Longstreeth devinrent également associés. Le premier avait, depuis 1850, été dans les chemins de fer, le second était ingénieur-mécanicien, et le troisième de ces messieurs était depuis longtemps dans la maison Baldwin.

En 1873, M. Baird vendit sa part à ses associés, et une nouvelle société fut formée sous la raison Burnham, Parry, Williams et Cie.

En juillet 1866, la machine *Consolidation* fut construite pour le Lehigh Valley Railroad; elle était destinée au service du plan incliné de Mahanoy, dont la pente est de 25 millimètres par mètre. La machine avait des cylindres de $0^m,500$ de diamètre et $0^m,610$ de course, et quatre paires de roues motrices de $1^m,22$ avec un truc Bissel à l'avant; le poids en service était de 41 000 kilogrammes, dont 36 000 sur les roues motrices. Cette machine donna son nom à un type de locomotives très répandu depuis, non seulement aux États-Unis, mais encore au Mexique, au Brésil, en Australie, etc.

Le type dit *Mogul*, qui a trois paires de roues motrices et un truc Bissel à l'avant, a été construit, pour la première fois, en 1867. On en a fait de diverses dimensions, principalement avec des cylindres de $0^m,40$ à $0^m,48$ de diamètre et $0,^m44$ à $0^m,61$ de course, les roues ayant de $1^m,10$ à $1^m,42$ de diamètre. Ces machines utilisent la plus grande partie de leur poids comme adhérence. Les essieux moteurs du milieu et d'arrière sont conjugués par des balanciers, de même que les roues motrices d'avant et celles du Bissel; la suppression des boudins aux roues motrices du milieu permet à ces machines de passer sans difficultés dans des courbes de faible

rayon, aussi le type *Mogul* est-il généralement adopté pour l'exploitation économique des lignes ayant un fort trafic de marchandises.

(*A suivre.*)

Industrial Review.

Les aciéries de Bilbao. Le premier des deux hauts fourneaux construits par la *Sociedad de los Altos Hornos y fabrica de hierro y acero de Bilbao*, a été mis en feu le 2 janvier de cette année. Ces appareils sont du type le plus récent et munis des derniers perfectionnements. Ils ont 24,40 de hauteur, 4, 85 de diamètre aux étalages, 2,90 aux tuyères, et une capacité de 350 mètres cubes.

Il y a deux prises de gaz latérales avec une disposition pour le dépôt des cendres. Le vent est chauffé dans deux appareils Cowper de 21m,30 de hauteur et 7 mètres de diamètre pour chaque haut fourneau ; la surface de chauffe est de 6 200 mètres carrés. Le vent est chauffé à 750 degrés centigrades, et les gaz de la combustion sortent à une température qui ne dépasse pas 50 degrés.

On traite des minerais du pays et on emploie du coke anglais ; les matières premières sont ainsi obtenues à bon compte. Il y a deux machines soufflantes verticales donnant, par minute, 390 mètres cubes d'air, à une pression de 0m,30 de mercure ; les volants de ces machines pèsent 25 tonnes chacun. La vapeur est fournie par 30 chaudières Galloway et des économiseurs Green chauffent l'eau d'alimentation avant son entrée aux générateurs.

L'aciérie comporte deux convertisseurs et trois cubilots pour la fusion du spiegel. La machine motrice des laminoirs peut développer 2 000 chevaux ; les cylindres ont respectivement 0m,813 et 1m,524 de diamètre et 1m,524 de course. Un nouveau train à rails est en construction dans les ateliers de la Teesside Iron and Engine Works Company, à Middlesbrough. Il est du modèle le plus récent, avec grues hydrauliques pour la manœuvre des blooms, système hydraulique pour le serrage des cylindres, etc. Il comporte un train dégrossisseur et un train blooming de 0m,975 dont les cages pèsent 20 tonnes et les cylindres 14 et 15 ; le train finisseur de 0m,75 pourra laminer des rails du plus fort modèle sur des longueurs de 54 mètres. Les mêmes constructeurs fournissent également une cisaille pouvant couper des blooms de 0m,30 sur 0m,30 ; cette cisaille pèse, complète, 75 tonnes, et la plus grosse pièce qui entre dans sa construction pèse 27 tonnes.

L'industrie minérale en Belgique. D'après les statistiques officielles publiées pour 1883, la production houillère de la Belgique s'est élevée, dans cette année, à 18 177 154 tonnes, soit un accroissement de

480 765 tonnes par rapport à l'année 1882. Cette production se répartit comme suit :

Province de Hainaut.	13 497 113	tonnes.
— Namur.	485 450	—
— Liège..	4 195 191	—
Total. . .	18 177 754	tonnes.

En 1883, il y a eu en feu 36 hauts fourneaux, qui ont employé 3 750 ouvriers. Ces hauts fourneaux ont traité 192 308 tonnes de minerais belges, 164 115 tonnes de minerais étrangers et 270 996 tonnes de laitiers.

La production de ces appareils se répartit, au point de vue de la nature de la fonte, comme suit :

Fonte de forge.	564 417	tonnes.
Fonte de moulage.	68 921	—
Fonte Spiegel..	9 572	—
Fonte pour Bessemer..	127 313	—
Fonte pour procédé basique.	12 690	—
Moulages en première fusion.	540	—
Total. . .	783 453	tonnes.

En 1883, on comptait 82 forges employant 16 854 ouvriers; leur production totale s'est élevée à 487 226 tonnes de fer marchand.

Quatre aciéries ont été en marche avec cinq convertisseurs et un four à sole, employant 2 839 ouvriers. La production totale d'acier Bessemer et d'acier sur sole a été de 179 489 tonnes de lingots et 156 301 tonnes de produits manufacturés. Il a été employé, pour la production des lingots, 144 577 tonnes de fonte belge, 58 277 tonnes de fonte étrangère et 18 929 tonnes de recoupages.

R. Fairlie. M. Robert Fairlie, ingénieur bien connu par le système de locomotive qui porte son nom, est mort le 31 juillet dernier, à sa résidence de Woodlands, à Clapham, près Londres. Fils d'un ingénieur civil distingué, il était né en Écosse en 1831; après avoir fait son apprentissage technique à Crewe et à Swindon, il devint ingénieur et directeur du chemin de fer de Londonderry et Coleraine, en Irlande, puis occupa des fonctions importantes au chemin de fer de Bombay et Baroda.

Il prit, en 1864, une patente pour la locomotive à double bogie qui porte son nom, et la première de ces machines fut construite en 1866, pour le Neath and Brecon Railway, par MM. James Crosset Cie, de Saint-Helens. Cette machine avait huit roues motrices de $1^{m},372$ de diamètre et quatre cylindres de $0^{m},380$ sur $0^{m},560$; elle pesait 46 tonnes.

Peu après, des machines du même type furent faites pour le Vénézuela. Toutes ces locomotives étaient à voie normale.

Si on peut contester à M. Fairlie l'originalité de son type de machine et rappeler l'analogie qu'il présente avec des spécimens exécutés dès l'origine des chemins de fer, avec la machine *Seraing*, présentée au concours du Semmering par la société John Cockerill, et avec les types Thouvenot et Meyer, antérieurs comme date, on ne peut nier que l'ingénieur anglais n'ait admirablement compris la portée de ce type de machine et l'influence qu'il pouvait avoir sur la construction économique des chemins de fer. En effet, si la plus grande adhérence et la facilité de passage dans les courbes permettent, en augmentant la puissance des machines, d'accroître la capacité de transport d'un chemin de fer donné, il en résulte qu'on peut opérer un transport d'une importance déterminée avec un chemin de fer présentant des courbes et rampes plus prononcées et avec un moindre écartement de voie, c'est-à-dire de construction plus économique.

M. Fairlie s'appliqua avec toute son énergie à la vulgarisation de ce fait, et il en fit une remarquable démonstration sur la petite voie de 2 pieds d'écartement du Festiniog, dans le pays de Galles, en construisant, pour elle, la célèbre machine *Little Wonder* à huit roues motrices de $0^m,71$ avec quatre cylindres de $0^m,21$ sur $0^m,33$, pesant 19 500 kilogrammes.

Les idées de M. Fairlie ne furent pas acceptées sans discussion ; elles soulevèrent des polémiques très vives et donnèrent naissance à des montagnes de publications dont la plus connue est la célèbre brochure intitulée : *Aurons-nous des chemins de fer ou n'en aurons-nous pas?* traduite en français par notre collègue M. Jules Morandiere.

Quoi qu'il en soit, cette campagne contribua puissamment à l'adoption de la voie d'un mètre pour l'Inde et pour d'autres pays, et M. Fairlie vit ses efforts et sa persévérance récompensés par de nombreuses commandes de machines. Son type est actuellement en usage sur une cinquantaine de lignes de chemins de fer à voies diverses depuis $0^m,550$, en Russie, à la Nouvelle-Zélande, en Australie, en Suède, au Cap, à Montevideo, au Brésil, au Pérou, dans l'Inde, etc. Les plus puissantes locomotives sont celles du chemin de fer d'Iquique, au Pérou. Elles pèsent 85 tonnes environ, et ont 12 roues motrices en deux groupes et quatre cylindres de $0^m,44$ sur 0,56 ; il y a de plus, aux deux extrémités, des trucs Bissel à deux roues, ce qui fait en tout 16 roues.

Les dernières machines Fairlie construites furent celles destinées au chemin de fer mort-né de Suakim à Berber ; elles n'ont, du reste, pas quitté l'Angleterre.

Dans un voyage au Vénézuela, en 1873, M. Fairlie avait été frappé d'une insolation compliquée de fièvre pernicieuse ; on dut le ramener mourant en Angleterre ; il ne se remit jamais complètement de cette atteinte et, vers la fin de sa vie, il avait dû cesser de s'occuper de la partie active de ses affaires, dans laquelle il était d'ailleurs remplacé par ses fils qui continuent son œuvre.

On peut regretter que M. Fairlie ait quelquefois étendu à outrance le principe très rationnel de ses machines, de manière à le détourner entièrement de son principe, et à arriver à des types dont il est impossible de comprendre le but, tel que celui qui était exposé à Paris, en 1878; mais on ne doit pas moins reconnaître que son activité et sa persévérance ont réussi à faire entrer dans la pratique des chemins de fer un modèle de machines qui pourra, avec des modifications et surtout des simplifications, jouer un jour un rôle important dans l'exploitation des voies ferrées. Le nom de M. Fairlie restera donc honoré dans l'histoire des chemins de fer.

Observations sur le fonctionnement des machines à deux cylindres. Nous trouvons, dans une communication faite par M. Rich à l'*Institution of Civil Engineers*, sur les machines élévatoires, quelques considérations sur le fonctionnement des machines à deux cylindres qu'il nous paraît intéressant de résumer en présence des discussions qui se sont produites, il y a peu de temps, au sujet de la présence de l'eau dans les cylindres des machines à vapeur.

Dans la plupart des machines élévatoires uniques, on applique aujourd'hui la disposition de Woolf, avec le grand cylindre égal à trois et demi ou quatre fois le petit. Il y a une vingtaine d'années, on ne dépassait pas la pression de 4 kilogrammes, mais actuellement l'introduction des tôles d'acier a permis, à égalité d'épaisseur, de porter la pression à 4, 5 ou 5 kilogr.

L'auteur ne voit pas qu'il y ait d'intérêt à détendre la vapeur à plus de 8 à 10 volumes dans le premier cas, et 10 à 12 dans le second, et il a pu constater, dans plusieurs occasions, qu'il peut être avantageux de réduire le diamètre du grand piston, pour diminuer le frottement et les fuites de cet organe, lesquels compensent largement l'accroissement de l'effet utile de la vapeur. C'est ce qui se produit notamment avec les cylindres sans enveloppes où le refroidissement joue un rôle capital. Dans ces machines, surtout lorsqu'elles fonctionnent lentement, il y a toujours de l'eau dans le grand cylindre, et la température y est notablement inférieure à celle de la vapeur qui s'échappe du petit cylindre. Il en résulte une condensation abondante de cette vapeur et une chute de température considérable entre les deux cylindres; le travail est réduit au grand cylindre dans des proportions telles qu'il devient quelquefois presque insignifiant.

Dans des expériences faites en 1877 sur une machine de ce type, M. Rich a constaté que, si on ne prend pas des précautions particulières pour purger les cylindres de l'eau de condensation, le grand cylindre reste relativement froid pendant des heures entières après la mise en marche, et, même avec des purges répétées, ce cylindre ne s'échauffe que lentement. Dans cette machine, une heure et demie après la mise en marche, l'eau, dans la partie supérieure du grand cylindre, n'était qu'à la température de 65 degrés centigrades pendant l'admission, au bout de 2 heures 15 minutes, la température était de 68, après 3 heures 5 minutes, 79, 4 heures

55 minutes, 88 degrés. Une fois cette température atteinte, si on laissait les purgeurs ouverts, l'échauffement s'opérait rapidement et la marche de la machine devenait plus libre et tendait à s'accélérer [1].

Dans une autre expérience, le robinet purgeur du haut du grand cylindre étant ouvert, la température de l'eau étant de 85 degrés montait, 2 minutes après, à 91, et, 3 minutes après, à 95 degrés 12 minutes plus tard, le robinet purgeur étant fermé, la température de l'eau s'était abaissée à 84 degrés; mais, en rouvrant le purgeur, on la faisait, en 2 minutes, remonter à 93 degrés. On a relevé un diagramme sur la machine deux heures après la mise en marche, alors que la température de l'eau était de 65 degrés, et un autre diagramme après 5 heures de marche, la température étant à plus de 92 degrés. Dans le premier cas, la pression moyenne effective sur le grand piston n'était que de $0^{kg},314$ par centimètre carré, et ce piston ne faisait que 24 pour 100 du travail total de la machine, tandis que, dans le second cas, la pression moyenne effective s'était élevée à $0^{kg},590$ par centimètre carré, et le grand cylindre faisait 41 pour 100 du travail total.

Il est donc très important d'assurer l'évacuation de l'eau de condensation de la partie supérieure des cylindres verticaux; on peut, à cet effet, disposer une soupape dans le corps même du piston pour amener au bas l'eau qui se trouve au-dessus.

Le mieux est de mettre des enveloppes de vapeur au grand cylindre; mais, lorsqu'on ne peut pas le faire, il est bon de réchauffer ce cylindre en y envoyant de la vapeur de la chaudière avant la mise en marche et même encore quelque temps après.

1. Voir au sujet de la possibilité de l'accumulation de l'eau dans les cylindres, *Mémoires et comptes rendus des travaux de la Société des Ingénieurs civils*, 1877, page 906.

COMPTES RENDUS

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 13 *juillet* 1885.

Sur le but théorique des principaux travaux de HENRI TRESCA, **par** M. DE SAINT-VENANT.

Bien que les œuvres de cet éminent et si regretté membre de notre section de mécanique, à l'esprit si juste et si droit, aient été bien caractérisées dans les paroles du cœur prononcées sur sa tombe par notre confrère M. Maurice Lévy, un courant d'opinion semble se former, qui, par cela seul que Tresca a été un grand expérimentateur, ferait de lui un homme de pure *pratique*, c'est-à-dire du nombre de ceux qui se dirigent dans ce qu'ils font, soit d'après des analogies que leur instinct tire de ce qu'ils ont vu, soit en appliquant, avec une certaine habileté, les formules théoriques ou empiriques construites par d'autres qu'eux.

Il importe de montrer, dans l'intérêt de son mémoire, comme dans celui de la vérité scientifique, que Tresca fut un esprit plus large, un homme de vraie science et, par conséquent, de *théorie* dans la meilleure et la plus saine acception de ce mot si souvent mal compris, si fréquemment accusé par légèreté ou en haine systématique de la science, de n'exprimer que des chimères.

Voyons. Nous avons parlé *d'expériences*. Or, quel est, au demeurant, le but de celles qu'on fait? Est-ce seulement de déterminer, par une suite d'essais ou de tâtonnements, les meilleurs moyens d'exécution pratique, ou bien l'application des principes déjà connus et de formules déjà construites en conséquence? Non; c'est bien plutôt, ce qui déjà est tout à fait scientifique, de fournir, de mesurer les valeurs des constantes ou coefficients numériques de ces formules, avant de pouvoir les appliquer. Mais c'est aussi, chose encore plus théorique, de faire apercevoir, de démêler, de déterminer, à l'occasion, les principes eux-mêmes, ou les lois spéciales, les bases scientifiques de l'établissement des équations, généralement différentielles, qui en seront l'expression et que l'on n'aura plus qu'à intégrer, soit rigoureusement, soit par approximation, pour obtenir les solutions que l'on désire.

Or, c'est ce qu'a fait M. Tresca ; il a eu le mérite de cette double hardiesse, et c'est ce dont il a exprimé le résultat principal dans la conclusion de son capital mémoire sur *le poinçonnage des métaux*.

Remarquant très bien que la déformation de ces corps comprend trois périodes, celle de l'élasticité parfaite, étudiée par Navier, Cauchy, etc., puis celle de l'élasticité imparfaite ou de déformations partiellement permanentes, enfin, celle de *plasticité*, comprenant le laminage, le forgeage, l'emboutissage, etc., il aperçut, dans cette dernière période qu'expressivement il appela aussi de *fluidité*, où l'élasticité est comme vaincue, que l'effort à exercer normalement à travers toute face intérieure pour produire une petite extension ou compression normale d'une proportion déterminée, est de même intensité que l'effort de *cisaillement* à exercer tangentiellement à cette petite face pour produire un *glissement relatif* de même proportion ou mesure ; ce qui se traduit en disant qu'à travers les facettes intérieures de même superficie, *la résistance* à la compression ou extention permanente s'exprime avec un *coefficient* de même grandeur que la résistance au glissement permanent ou au cisaillement.

Ce principe théorique nouveau de l'égalité des deux coefficients de déformation plastique, normale et tangentielle, aperçu par M. Tresca, s'est trouvé vérifié au moyen d'expériences comparatives nombreuses et variées, en en substituant les résultats dans l'équation différentielle qui exprime la conservation des volumes des deux ou trois parties en lesquelles il concevait partagé chaque bloc soumis au poinçon.

Et ce même principe simple a été, le jour même du rapport approbatif, l'objet d'une communication où nous en démontrions la parfaite rationnalité théorique, basée sur l'évident théorème de l'équivalence de toute déformation par glissement devant une face à une compression et à une extension simultanées de proportions moitié moindres opérées dans des directions inclinées d'un demi-droit sur cette face.

Ce principe de M. Tresca étant ainsi doublement vérifié, il n'y avait plus qu'à exprimer analytiquement les relations qu'il fournit entre les forces extérieures exercées et les forces intérieures dues aux déplacements relatifs, pour construire les équations différentielles de la nouvelle branche de la mécanique instaurée ainsi par lui et qui reçut le nom, paraissant adopté, de *plasticodynamique*.

C'est ce qui a été fait bientôt en commençant par le cas simple où la déformation n'affecte que deux des trois dimensions du bloc ductile supposé rectangulaire.

Peu après, et répondant habilement à un appel que nous faisions aux lecteurs de cette note, M. Lévy a établi les équations différentielles analogues pour des déformations étendues aux trois dimensions et, surtout, pour le cas le plus intéressant peut-être (c'est le cas des expériences de M. Tresca), à savoir le cas, dit *semi-polaire*, de symétrie des déformations autour d'un même axe fixe.

Enfin, des applications en ont été faites à divers cas plus particuliers, en

s'aidant, pour l'un d'eux, d'une hypothèse plausible, afin de suppléer à une intégration impossible dans ce cas-là.

Quelle est la portée de cette nouvelle branche de la dynamique mathématique, régissant théoriquement un bon nombre d'opérations de l'industrie et quels services elle est appelée à rendre un jour? Nous ne saurions ici le prévoir. Toujours est-il que son invention a comblé une vraie lacune qui, probablement, serait restée bien longtemps ouverte, si M. Tresca, au lieu de son profond sentiment théorique et de ses souvenirs de fortes études mathématiques, n'avait eu que son ingéniosité d'exécution et sa dévouée persévérance dans l'usage des procédés pratiques.

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUIN 1885.

Rapport de M. Ed. Collignon sur le **système de manivelle hydraulique** de M. J. Muller.

M. Muller propose de remplacer les mécanismes de distribution en usage actuellement sur les machines à vapeur, et notamment les locomotives, par le déplacement d'un tourillon commandant la bielle du tiroir, ce tourillon pouvant occuper les diverses positions qui correspondent aux introductions différentes pour les marches en avant et en arrière. Ce déplacement est opéré d'une façon très ingénieuse, le tourillon étant porté par un cylindre qui se meut sur un piston fixé à la contre-manivelle de l'essieu; le cylindre est plein de liquide dans ses deux capacités, lesquelles sont, par des tuyaux de faible diamètre, en communication avec un autre cylindre servant d'appareil de changement de marche. Les tuyaux sont repliés plusieurs fois sur eux-mêmes nour avoir assez de flexibilité pour suivre le déplacement du tourillon, et il y a, de plus, un joint étanche permettant la rotation de l'appareil.

On conçoit que, si le machiniste déplace plus ou moins le piston de son appareil de manœuvre, la transmission hydraulique donne un déplacement correspondant au cylindre qui porte le tourillon actionnant la bielle du tiroir.

L'auteur invoque comme avantages :

1° La réduction au minimum du nombre des articulations du mécanisme;

2° La réduction du poids de la machine.

3° La réduction possible du diamètre des roues motrices et de leur poids.

Cette dernière considération tient à ce que M. Muller pense que son système permettrait d'augmenter le nombre des coups de piston donnés par la machine dans le même temps.

Rapport de M. Lavollée sur le livre intitulé l'**Économiste pratique**, de M. E. Cacheux.

Rapport de M. Schlemmer sur le **Recueil des éléments constants des prix des travaux ordinaires de construction** de M. A. Megrot, conducteur des ponts et chaussées.

Nous avons rendu compte de cet ouvrage dans le Bulletin de mars 1885, page 478.

Notice sur V. A. Jacquelain, ancien membre du Comité des arts chimiques, par M. F. Le Blanc.

Nous rappellerons qu'un grand nombre de nos collègues ont connu Jacquelain à l'École centrale où il a été, pendant plus de quarante ans (1832 à 1873), préparateur des cours de chimie. Il avait publié de nombreux travaux intéressant la chimie générale, la chimie industrielle et la chimie analytique. On lui doit une expérience, devenue classique, celle de la transformation du diamant en graphite, entre les électrodes en charbon d'une batterie voltaïque, expérience qui démontre que le diamant ne saurait s'être produit à des températures très élevées, ainsi qu'on était tenté de l'admettre.

Chimie industrielle. L'Antipyrine (*extrait de la Nature*).

L'intérêt de cet article est principalement dans la discussion d'un point de droit concernant les brevets d'invention. L'antipyrine, alcali organique oxygéné, possédant des propriétés thérapeutiques très remarquables ne peut être breveté comme remède, l'article 3 de la loi de 1844 disant formellement que les remèdes ne sont pas susceptibles d'être brevetés. Mais les pharmaciens ont-ils le droit de la préparer, le procédé de préparation étant breveté? Il y a là une distinction entre le produit et le procédé qui, le procédé de préparation étant unique jusqu'ici, est très délicate à établir et aurait besoin d'être tranchée juridiquement.

Rapport sur l'**extraction du sucre de sorgho sucré aux États-Unis, en 1884**, par M. Henry Grojean, inspecteur de l'enseignement agricole.

Sur **diverses maladies cryptogamiques régnantes de la vigne**, par M. H. Marès.

Traitement des bois pour traverses de chemins de fer.

Le sulfate de paratoluidine, réactif de l'acide azotique. (*Extrait du Moniteur scientifique.*)

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

JUIN 1885.

Paroles prononcées aux funérailles de M. Malezieux, inspecteur général des ponts et chaussées, par M. MARTIN, inspecteur général des ponts et chaussées.

Paroles prononcés aux funérailles de M. Collet-Meygret, inspecteur général des ponts et chaussées, par M. MARTIN, inspecteur général des ponts et chaussées.

Sur quelques changements dans **la disposition et les procédés de tarage des instruments de jaugeage** et dans le mode de calcul des débits, par M. CH. RITTER, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Ce mémoire, très considérable, étudie successivement les tubes jaugeurs et les moulinets, décrit ces instruments et leur mode de tarage, puis donne le calcul des observations moyennes et des débits, l'approximation des jaugeages, les erreurs d'observations, etc.; il termine par un grand nombre d'exemples et de comparaisons numériques.

Les ingénieurs des ponts et chaussées à l'expédition d'Égypte, par M. TARBÉ DE SAINT-HARDOUIN, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite.

C'est une note fort intéressante sur le rôle joué dans l'expédition d'Égypte par les ingénieurs des ponts et chaussées, avec des renseignements biographiques sur les vingt-quatre membres de ce corps qui prirent part à l'expédition.

Note sur **la stabilité des voûtes**, par M. LÉON DURAND-CLAYE, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Il s'agit d'une observation relative à un mémoire récent de M. LATERRADE, ingénieur en chef des ponts et chaussées (voir comptes rendus d'avril 1885, page 585), par laquelle M. Durand-Claye indique qu'on peut faire disparaître le caractère de tâtonnement des calculs donnés dans ce mémoire, en profitant de la vieille remarque de La Hire, savoir: qu'une portion de voûte est un coin en équilibre. Il suffit, pour donner un caractère de générosité aux propositions de M. Laterrade, d'y substituer à la notion de l'ouverture celle du rayon de l'intrados ou sommet.

COMPTES RENDUS MENSUELS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Séance du 4 juillet 1885.

Communication de M. Chansselle sur le **guidage métallique des puits, système Briart.**

M. Briart, ingénieur en chef des mines de Mariemont et Bascoup, a simplifié le mode de construction des guidages métalliques par l'emploi d'une seule traverse dans l'axe du puits, portant les quatre guides, deux pour chaque cage ; ces traverses sont des poutrelles métalliques fixées horizontalement à des distances égales de $1^{m},50$ et sur lesquelles sont fixées, avec des griffes, des entretoises et des boulons, quatre files, opposées deux à deux, de rails-guides verticaux, dont les champignons sont saisis par des mains-courantes fixées aux cages d'extraction.

A Bascoup, $348^{m},60$ de profondeur, le prix total, main-d'œuvre et fourniture, s'est élevé à 21 595 francs, soit 61 94 par mètre courant; aux mines de Lens, pour 360 mètres, les chiffres correspondants ont été de 22 984 et 63 fr. 81.

Ces prix sont très comparables à ceux des guidages en bois et le guidage métallique en rails doit durer bien plus longtemps.

Communication de M. Rouff sur la **pipette Peter et Rouff.**

C'est une pipette pour dosages à l'aide d'une liqueur titrée portant à la partie inférieure un robinet à trois voies la mettant en communication, à volonté, avec le tube de remplissage ou avec le tube de vidange; de sorte qu'on peut, sans difficulté, prendre très exactement un volume déterminé du liquide.

Communication de M. Deverne sur les **signaux électriques installés à la fosse Dupont des mines de Noeux.**

Ces signaux ont été installés en août 1883 et fonctionnent depuis cette époque à la plus entière satisfaction des exploitants; ils ont été installés par M. Mors, ingénieur électricien à Paris.

Le courant est produit par 20 éléments Leclanché, 10 pour les signaux et 10 pour la sonnerie, qui est une trembleuse ordinaire. Ces 20 éléments sont remplacés, au moyen d'un commutateur à fiches, le jour suivant, par 20 autres, pour éviter la production trop rapide des courants secondaires.

Les conducteurs se composent, au jour, de fils ordinaires enveloppés de coton et, au fond, d'un gros câble coupé aux accrochages et d'autant de petits câbles qu'il y a d'accrochages.

Le gros câble est formé de 7 torons de 7 fils de cuivre de 1/2 millimètre, recouverts de gutta-percha et de coton goudronné. Le tout est recouvert d'une enveloppe de plomb.

Les tableaux sont de trois modèles : un pour le mécanicien, un pour la recette et un pour les tableaux du fond. Les signaux sont écrits en grosses lettres sur de petits disques en papier coton fixés à des aiguilles aimantées pouvant osciller autour d'un axe sous l'influence de petites bobines.

Les tableaux exigent peu d'entretien, et le fonctionnement est parfait à la seule condition de maintenir les piles en bon état. Avec un peu de soin, celles-ci peuvent facilement aller pendant un an.

L'installation a coûté 2 725 francs, comprenant 350 mètres de gros conducteurs et 850 de petits, 2 tableaux pour le jour et 4 pour les accrochages de 200 à 290 mètres.

Dimensions des principales pièces de machines à vapeur.

M. LE PRÉSIDENT indique à la réunion, d'après le journal *le Crédit minier*, les formules adoptées par l'une des plus anciennes compagnies de construction des États-Unis, la Phœnix-Iron C°, pour le calcul des machines à vapeur. Ces formules seront certainement remarquées au point de vue de leur simplicité.

Nous regrettons d'ajouter que cette simplité est leur unique mérite. Donner les dimensions des différentes pièces d'une machine à vapeur en fonction du diamètre du cylindre n'est plus de notre époque; c'est ce que faisaient des anciens auteurs qui, admettant que toutes les machines à vapeur de 1/2 à 500 chevaux sont faites rigoureusement sur le même type, remplissaient des pages entières de tableaux donnant minutieusement toutes les dimensions des machines, croissant par cheval dans les limites ci-dessus indiquées, travail de patience, qui n'a jamais eu la moindre valeur pratique.

Les dimensions des pièces dépendent essentiellement de l'effort auquel elles sont appelées à résister et les rapporter au diamètre du cylindre suppose une égalité constante de pression par unité de surface.

Ces relations donnent, comme l'indique la note, des dimensions très exagérées; de plus quelques-unes sont inintelligibles. Nous nous demandons, par exemple ce que signifie : l'épaisseur du cylindre égale à $\frac{D}{15} + 0{,}15$. Quant au diamètre de l'arbre égal à la moitié du diamètre du cylindre, à celui du bouton de manivelle égal à $\frac{D}{4}$ et à la largeur des glissières (?) égale à 5/6 D ou D, cela paraît singulièrement exagéré. Nous croyons inutile de reproduire ces relations; nous supposons que, données d'abord en mesures anglaises, on n'indique pas dans quelle publication, elles ont été mal traduites, au moins pour quelques-unes, en mesures françaises.

Communication de M. CHANSSELLE sur **les machines Corliss du Creusot.**

Il s'agit des essais faits par M. Walter Meunier sur une machine Corliss du Creusot, installée à Beaulieu, chez MM. Peugeot frères, et dont nous avons rendu compte dans le bulletin de Mai 1885, page 709.

Communication de M. Simon sur **les travaux de la commission prussienne du grisou.**

C'est une traduction du journal *Gluckauf*, du 27 juin, d'où il résulte que de nouvelles expériences semblent indiquer que la dynamite constitue un explosif inoffensif en présence des poussières et des petites quantités de grisou. Il n'y aurait donc lieu d'interdire que le tirage à la poudre noire dans les mines à grisou et à poussières. Le côté économique de la question s'en trouverait considérablement éclairci et simplifié.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

N° 20. — 18 *juillet* 1885.

Compensation hydraulique ou pneumatique des tiges de pompes des machines d'épuisement, par H.-L. Oeking.

Le ferro-manganèse et sa fabrication, par Fritz Lürmann.

Nouvelles aciéries Bessemer, par R. M. Daelen.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Extraction du sucre de mélasses de betteraves par la chaux et la strontiane.

Groupe de Francfort.

Groupe de Hesse. — Construction et exploitation des grands marchés. — Limite nécessaire au développement des chemins de fer, par A. Harmann.

Patentes.

Variété. — Institution d'enseignement et d'expériences pour l'industrie de la brasserie. — Chemin de fer à crémaillère du Pilate. — Nouvel outil pour tracer. — Expériences sur l'éclairage par lampes artificielles.

N° 30. — 25 *juillet* 1885.

Signaux de chemins de fer avec appareil central de manœuvres, de Schon.

Manœuvre hydraulique du pont tournant d'Anglesea, à Cork, par Ad. Ernst.

Nouveau procédé pour la détermination du moment d'inertie des figures planes, par J. Kreuter.

Qualité du fer forgé d'après les observations au microscope.

Transformation dans les procédés de meunerie, ses causes et ses effets, par Félix Wyngaert.

Groupe de Bavière. — Extraction pneumatique.

Groupe de Hanovre. — Céramique et verrerie. — Tracé des dents de cardes, par W. Frankel.

Groupe du Rhin moyen.

Patentes.

Bibliographie. — Ouvrages adressés à l'association.

Correspondance. — Machine à colonne d'eau de Mayer. — Accumulateurs électriques.

N° 31. — 1er *août* 1885.

Les petites installations Bessemer et leur intérêt en Allemagne, par W. Stercken.

Transformation dans les procédés de meunerie, ses causes et ses effets, par Félix Wingaert (*fin*).

Fours de fusion chauffés au gaz à l'eau, par Fritz Lürmann.

Machine à mandriner les tubes.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Nouveau procédé de chauffage de Fr. Siemens.

Groupe de Poméranie. — Installation et emploi des appareils culinaires qui fonctionnent sous une certaine pression.

Patentes.

Bibliographie. — Comparaison entre les coûts de transport par chemins de fer et par voies navigables, en France, Allemagne et Autriche, par W. von Nordling. — Ouvrages adressés à l'Association.

N° 32. — 8 *aout* 1885.

Les petites installations Bessemer et leur intérêt en Allemagne, par W. Stercken (*fin*).

Ponts. — Répartition de la charge sur les poutres des ponts. — Viaduc de Salterhebble. — Travail des assemblages sous des charges variables.

Groupe du Rhin inférieur. — Construction des cheminées. — Chemins de fer électriques souterrains. — Accidents de chaudières à vapeur. — Régulateurs de machines à vapeur.

Exposition du travail manuel et de la petite industrie à Kœnigsberg.

Patentes.

Bibliographie. — Le gaz d'éclairage comme moyen de chauffage domestique, de D. Coglievina.

Variétés. — Construction de navires dans les chantiers de la société de Stettin, précédemment Moller et Holberg, à Grabow.

N° 33. — 15 *août* 1885.

Résistance du plomb à la compression, par C. Bach.
Structure microscopique du fer et de l'acier.
Moulage de précision pour briques et tuiles, de C. Schlickeysen.
Bateau de sauvetage, de Norton.
Cahiers des charges pour les adjudications de travaux publics.
Groupe de Bavière. — Accident à bord du vapeur *Carl.* — Construction du port franc de Hambourg.
Bibliographie. — Règles pour le calcul graphique des constructions en fer, de H. Schlosser.
Correspondance. — Lancements et essais de navires. — Conférence internationale pour les télégraphes à Berlin.

Bibliographie.

Manuel des candidats aux écoles nationales des arts et métiers, par M. Delacroix, professeur retraité de l'École nationale d'arts et métiers de Châlons-sur-Marne (librairie du progrès scientifique et industriel de L. Camut, 15, quai Malaquais).

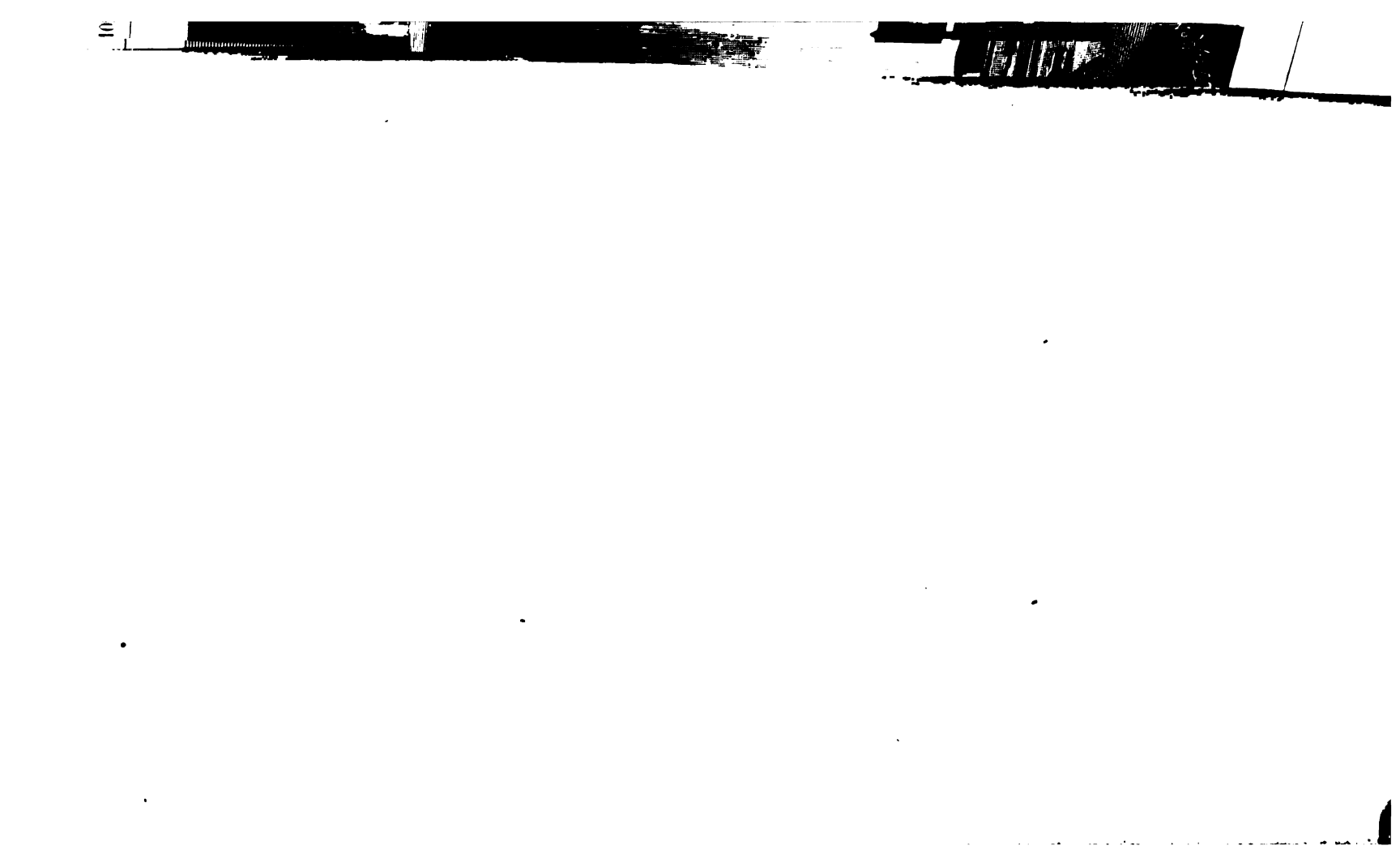
Cet ouvrage, contenant les matières exigées pour les examens d'admission aux écoles d'Arts et Métiers, nous a paru conçu avec une méthode et une clarté qu'on ne rencontre pas toujours dans les manuels de ce genre. Il est au courant des nouveaux programmes qui ont relevé le niveau des connaissances exigées des élèves à l'entrée, programme dont l'élaboration, soit dit en passant, est due à MM. Tresca et de Comberousse, qui ont ainsi mérité la reconnaissance de tous ceux qui s'intéressent à ces Écoles, d'où sont sortis un nombre important de nos collègues.

L'ouvrage contient des renseignements généraux sur la préparation et les examens, l'arithmétique, l'algèbre, les problèmes et exercices d'arithmétique et d'algèbre, avec solutions raisonnées, les problèmes et exercices de géométrie avec les solutions et les épreuves écrites complètes de chacune des années de 1874 à 1884. Il est accompagné d'un atlas contenant les planches de géométrie et les épures de dessin à demi-grandeur d'exécution données en composition dans les onze dernières années.

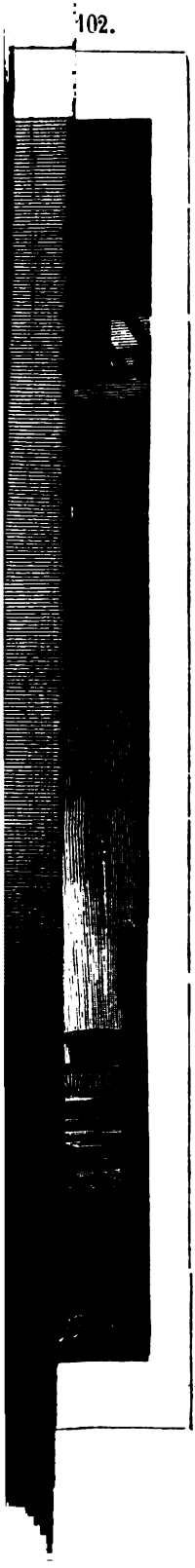
Le Secrétaire-Rédacteur,

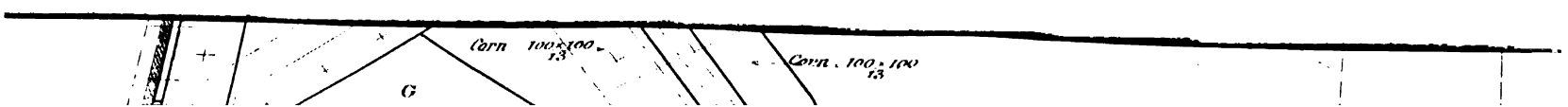
A. Mallet.

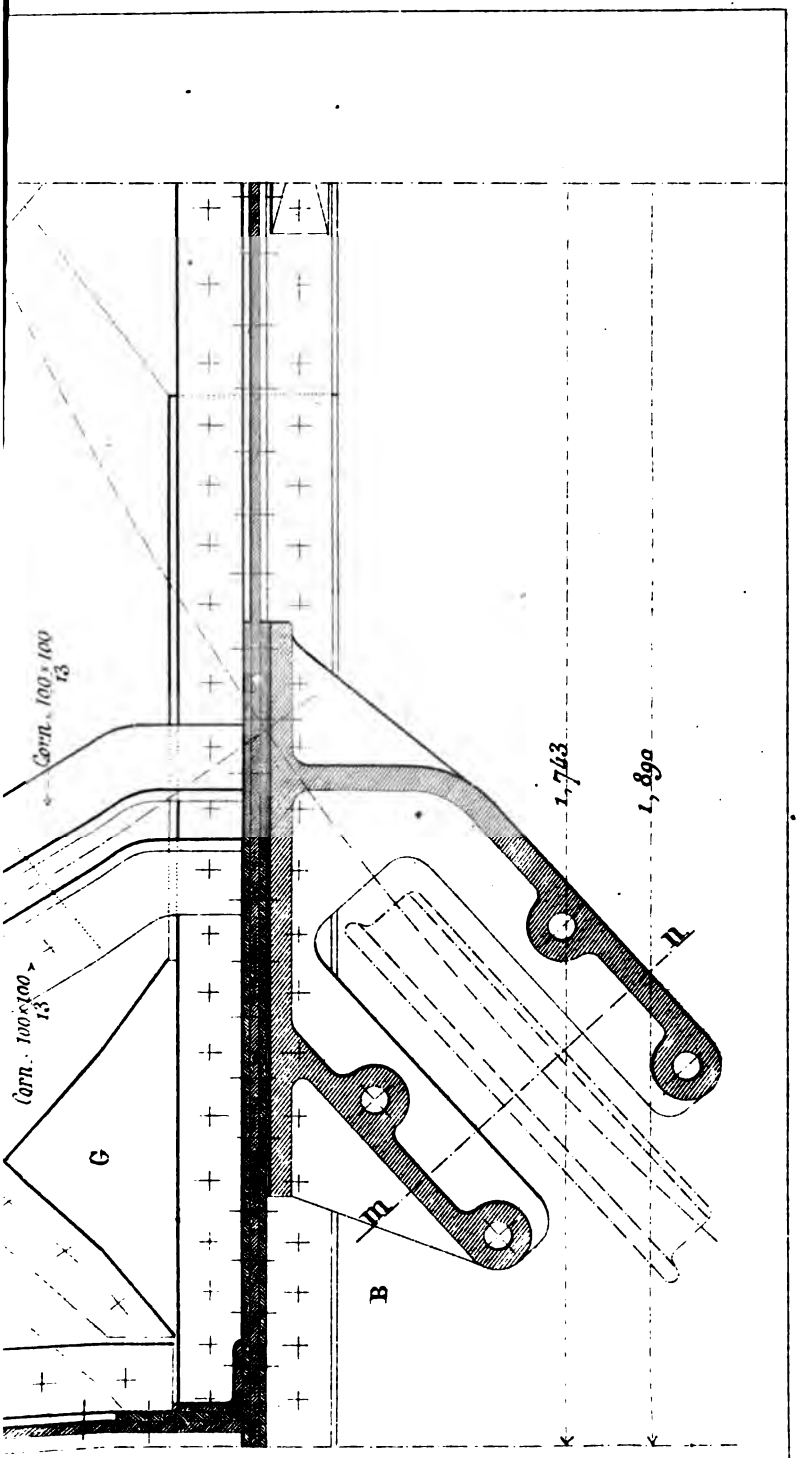
Paris. — Imp. E. Capiomont et V. Renault, rue des Poitevins, 6.



102.

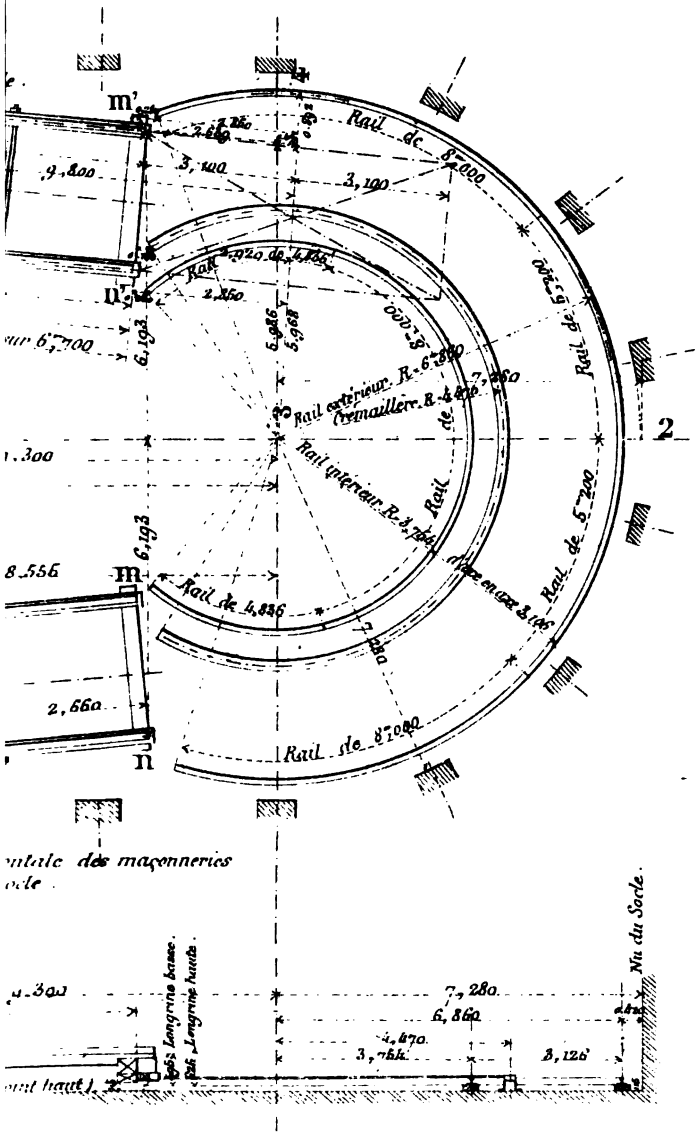



Corn 100:100
13
Corn. 100:100
13
G


Corn. 100×100×13
Corn. 100×100×13
G
B
1,743
1,890

9,800
8,556
2,650
9,300

Echelle de 1/150



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

SEPTEMBRE 1885

N° 9

Pendant le mois de septembre la Société a reçu :

De M. l'amiral Pâris, membre honoraire de la Société : 1° trois exemplaires de son *Discours aux obsèques de M. Dupuy de Lôme;* 2° trois planches appartenant à son ouvrage : les *Souvenirs de marine conservés.*

De M. Paul Terrier, membre de la Société, un exemplaire du tome II de l'ouvrage intitulé *Leçons de statique graphique, par A. Favaro,* traduites de l'italien par M. P. Terrier, avec Notes et Appendices du Traducteur.

De l'Université de Tokio, trois brochures : 1° *Appendice of the Memoir,* n° 5; Measurement *of the Force of Gravity and Magnetic constants,* n° 11; 2° et 3° System *of Iron railroad Bridges for Japon* (Texte et Atlas).

De M. Gibon, membre de la Société, deux exemplaires de sa brochure intitulée : *Le Patrimoine de l'Ouvrier.*

De M. René Benoît, membre de la Société : 1° un exemplaire de l'ouvrage sur la *Construction d'étalons prototypes de l'ohm légal,* 2° un exemplaire de l'ouvrage sur la *Construction des étalons prototypes de résistance électrique;* 3° un extrait de la première partie du tome III

des *Travaux et Mémoires du Bureau international des poids et mesures.*

De M. Osmond, membre de la Société : 1° un exemplaire de ses *Essais sur le magnétisme permanent des aciers;* 2° un exemplaire de sa *Méthode calorimétrique de dosage du manganèse.*

De M. Paul Barbe, membre de la Société, un exemplaire de la traduction française de la brochure allemande : *la Question du Grisou, par Trauze.*

De M. Maurice Demoulin, ingénieur, un exemplaire de son *Étude sur les locomotives anglaises.*

De M. Alfred Cottrau, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Ponts polytétragonaux portatifs.*

Du Ministère des Travaux publics du Mexique, les nos 43 à 72 du *Bulletin du Ministère des Travaux publics.*

Un exemplaire du *Catalogue allemand de la Bibliothèque de l'École royale supérieure technique de Berlin.*

De M. H. Keller, une brochure intitulée : *Die Anlage der Fischwegue.*

De M. Paul Dreyfus, un exemplaire de son journal l'*Exportation française*, n° 6.

De M. Chevalier, architecte, une Note sur les *Honoraires de l'Architecte en matière d'expertise et en matière de travaux particuliers.*

CALCUL DES POUTRES CONTINUES

MÉTHODE GÉNÉRALE ANALYTIQUE

ET MÉTHODE GRAPHIQUE

Par M. **BERTRAND DE FONTVIOLANT.**

Nous présentons ici deux méthodes de calcul des Poutres continues, l'une analytique, l'autre graphique. Elles dérivent toutes les deux de quelques principes très simples, qui n'ont pas encore, croyons-nous, été appliqués. Au-delà de ce point de départ qui les rattache l'une à l'autre, elles n'ont plus rien de commun.

Nous avons tenu à donner sous cette double forme la solution des questions dont il s'agit, estimant que la statique graphique, c'est-à-dire la géométrie appliquée à la mécanique statique, bien qu'inférieure à l'analyse comme puissance de recherche et insuffisante en face de certains problèmes, peut néanmoins, dans des cas nombreux, et notamment en ce qui concerne les Poutres continues, conduire au résultat cherché plus rapidement et non moins sûrement. Elle offre d'autant moins de prise aux erreurs grossières qu'en général chaque tracé comporte une vérification immédiate très simple. Quant au degré d'approximation obtenu, qui d'ailleurs dépend des échelles choisies pour les épures, il suffit amplement, car les formules de la flexion plane ne sont elles-mêmes qu'approchées.

Nos démonstrations sont fondées sur des propriétés connues de toutes les personnes qui s'occupent de la résistance des matériaux. Nous avons cependant cru bon pour la méthode graphique de rappeler certains principes qui en sont la base, et dont la connaissance est due à MM. Mohr et Culmann.

On trouvera, résumée à la suite des théories que nous exposons, une application de chacune des deux méthodes.

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

Méthode générale de calcul des poutres droites à plusieurs travées, reposant librement ou encastrées sur leurs appuis.

Sommaire : Détermination des réactions des appuis et des moments aux points d'encastrements : 1° cas général ; 2° cas usuel. — Influence de la compressibilité des appuis. — Influence de la flexion des piles dans le cas d'un assemblage indéformable de ces dernières avec la poutre. — Influence de la dilatation dans le cas où la poutre est ancrée sur les piles. — Cas particulier de la poutre à une seule travée encastrée à ses deux extrémités.

Détermination des réactions des appuis et des moments aux points d'encastrements.

1°. CAS GÉNÉRAL

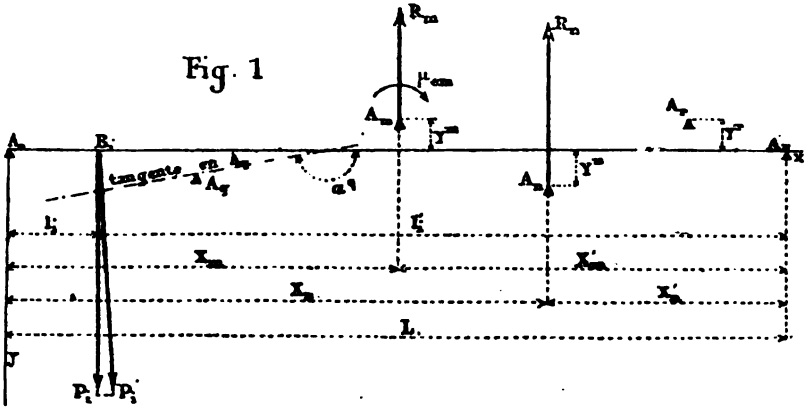
1. Introduction. — Nous nous proposons de traiter ici le problème le plus général qui puisse se présenter dans la flexion plane des solides prismatiques à grands rayons de courbure. Nous en formulons l'énoncé comme suit :

Un solide prismatique de section variable repose sur des appuis situés à des niveaux différents ; certains de ces appuis sont simples, et les autres comportent des encastrements sous des angles donnés. On demande de calculer les réactions des appuis et les moments aux points d'encastrements, développés sous l'action de charges distinctes P', *et de charges* $\Delta P'$ *réparties suivant des lois déterminées.*

Nous cherchons à calculer directement les réactions des appuis et les moments d'encastrements (et non les moments fléchissants sur les appuis, comme on le fait ordinairement), car en mettant ces éléments en évidence dans nos équations, nous pourrons sans difficulté tenir compte ultérieurement de la compressibilité des appuis et de la flexion des piles.

2. NOTATIONS. — Nous supposerons que la poutre comporte N travées que nous numéroterons de 1 à N, c'est-à-dire (N + 1) appuis A, que nous numéroterons de 0 à N; de ces (N + 1) appuis, P sont accompagnés d'encastrements et les (N — P + 1) autres sont simples. Nous rapporterons leurs positions à deux axes coordonnés (*fig. 1*) : l'axe des x sera la droite joignant les points d'appuis

Fig. 1



extrêmes A_0, A_N ; l'axe des y la perpendiculaire élevée en A_0 à A_0A_N; les x seront comptés positivement de A_0 à A_N, et les y descendants seront pris avec le signe +. X et Y, affectés de l'indice convenable (*), seront les coordonnées d'un point d'appui déterminé. α, affecté de l'indice du point d'appui correspondant, désignera la tangente de l'angle d'encastrement en ce point d'appui, angle qui se mesurera avec la partie positive de l'axe des x.

P_i représentera une charge distincte quelconque définie de position par les abscisses l_i, l'_i.

ΔP_k, une charge répartie suivant une loi déterminée.

R_n, la réaction d'un appui intermédiaire quelconque dont les abscisses sont X_n, X'_n.

Ces trois genres d'efforts P_i, ΔP_k, R_n sont estimés suivant la direction A_0y; ce sont donc les composantes perpendiculaires à A_0A_N des efforts verticaux P'_i, $\Delta P'_k$, R'_n.

(*) Pour un appui quelconque, l'indice, qui dans les applications aura une valeur numérique variable d'un appui à l'autre, sera représenté d'une manière générale dans nos démonstrations, par la lettre r.

L'indice q sera le symbole général d'un appui avec encastrement.

μ_{em} sera le moment équivalent au fait de l'encastrement en un appui A_m, dont les abscisses sont X_m, X'_m.

L, la longueur totale de la poutre.

I, le moment d'inertie variable tout le long de la poutre.

$\mathcal{E}$, le produit EI du coefficient d'élasticité par le moment d'inertie.

3. — Nous avons comme inconnues :

$(N + 1)$ réactions des appuis R_n.

P moments d'encastrements μ_{em}.

Total : $(N + P - 1)$ inconnues.

Les conditions d'équilibre statique entre les forces P_i, ΔP_k, R_n et les moments μ_{em} se réduisent à deux :

1° Une équation de projections :

$$\sum \text{proj.}_{A_0 y} (P_i, \Delta P_k, R_n) = 0.$$

2° Une équation de moments :

$$\sum m^{ts}._{A_0} (P_i, \Delta P_k, R_n) + \sum \mu_{em} = 0.$$

Les $(N + P - 1)$ autres équations qui nous sont nécessaires vont résulter de l'étude des déformations de la poutre.

4. — Nous établirons d'abord les trois lemmes suivants :

En chaque point de la ligne moyenne fléchie :

1° Le moment fléchissant μ est la somme des moments fléchissants μ_{P_i}, $\mu_{\Delta P_k}$ provenant des charges P_i, ΔP_k, et des moments fléchissants $\mu_{\mu_{em}}$, μ_{R_n} provenant des moments d'encastrements μ_{em} et des réactions des appuis R_n, — tous ces moments fléchissants étant supposés développés par les efforts R_i, ΔP_k, μ_{em}, R_n, dans la poutre $A_0 A_N$ dont on aurait supprimé les appuis intermédiaires et les encastrements (*).

2° L'inclinaison α de la ligne moyenne fléchie est la somme algébrique des inclinaisons α_{P_i}, $\alpha_{\Delta P_k}$, prises sous l'action des charges P_i, ΔP_k agissant seules sur la poutre $A_0 A_N$ dont on aurait supprimé

(*) Le même énoncé s'applique aussi aux efforts tranchants.

les appuis intermédiaires et les encastrements, et des inclinaisons α_{R_n}, $\alpha_{\mu_{em}}$ *développées dans cette même poutre par l'application des réactions* R_n *des appuis et des moments d'encastrements* μ_{em} *agissant seuls.*

3° La proposition qui vient d'être énoncée pour les inclinaisons, s'applique également aux ordonnées de la ligne moyenne fléchie.

Ces trois énoncés se traduisent par les trois relations suivantes :

$$(1) \qquad \mu = \left[\sum \mu_{P_i} + \sum \mu_{\Delta P_k}\right] + \left[\sum \mu_{R_n} + \sum \mu_{\mu_{em}}\right].$$

$$(2) \qquad \alpha = \left[\sum \alpha_{P_i} + \sum \alpha_{\Delta P_k}\right] + \left[\sum \alpha_{R_n} + \sum \alpha_{\mu_{em}}\right].$$

$$(3) \qquad y = \left[\sum y_{P_i} + \sum y_{\Delta P_k}\right] + \left[\sum y_{R_n} + \sum y_{\mu_{em}}\right].$$

La première proposition est évidente par elle-même ; elle résulte de la définition même des moments fléchissants.

Quant aux deux autres, elles sont des conséquences immédiates du principe de la superposition des effets des forces. On peut d'ailleurs les démontrer analytiquement en partant de l'équation (1) qui donne pour chaque section de la poutre :

$$\frac{\mu}{\mathcal{E}} = \left[\sum \frac{\mu_{P_i}}{\mathcal{E}} + \sum \frac{\mu_{\Delta P_k}}{\mathcal{E}}\right] + \left[\sum \frac{\mu_{R_n}}{\mathcal{E}} + \sum \frac{\mu_{\mu_{em}}}{\mathcal{E}}\right].$$

Multipliant les deux membres par dx et intégrant :

$$\int \frac{\mu}{\mathcal{E}} dx = \left[\sum \int \frac{\mu_{P_i}}{\mathcal{E}} dx + \sum \int \frac{\mu_{\Delta P_k}}{\mathcal{E}} dx\right] + \left[\sum \int \frac{\mu_{R_n}}{\mathcal{E}} dx + \sum \int \frac{\mu_{\mu_{em}}}{\mathcal{E}} dx\right]$$

d'où :

$$\alpha = \left[\sum \alpha_{P_i} + \sum \alpha_{\Delta P_k}\right] + \left[\sum \alpha_{R_n} + \sum \alpha_{\mu_{em}}\right].$$

De même qu'en partant de l'équation (1), nous venons d'établir l'équation (2), nous arriverions à l'équation (3) en multipliant les deux membres de (2) par dx et intégrant.

5. — Dans tout ce qui suit, les points d'appuis sans encastrements doivent être regardés comme des points donnés de la fibre moyenne

auxquels on applique des efforts R_n ayant des intensités telles que ces points occupent après la flexion des positions définies par les coordonnées X_r, Y^r. De même, les points d'appuis avec encastrements doivent être considérés comme des points de la ligne moyenne auxquels on applique des efforts R_n (réactions) et μ_{em} (couples-réactions), tels que : 1° ces points occupent après la flexion des positions définies par les coordonnées X_q, Y^q ; 2° les tangentes à la ligne moyenne, en ces points, fassent des angles donnés α^q avec l'axe des x.

Appliquons les équations (2) aux points de la ligne moyenne qui correspondent aux encastrements, et les équations (3) à tous les points d'appuis indistinctement :

α devient la tangente de l'angle d'encastrement au point considéré, c'est-à-dire α^q ; Y devient l'ordonnée de l'appui considéré, c'est-à-dire Y^r. Nous obtenons dès lors :

Pour un point d'encastrement :

$$\alpha^q = \left[\sum \alpha^q_{P_i} + \sum \alpha^q_{\Delta P_k}\right] + \left[\sum \alpha^q_{R_n} + \sum \alpha^q_{\mu_{em}}\right] (*)$$

Pour un point d'appui quelconque :

$$Y^r = \left[\sum y^r_{P_i} + \sum y^r_{\Delta P_k}\right] + \left[\sum y^r_{R_n} + \sum y^r_{\mu_{em}}\right]$$

où :

$$(4) \qquad \sum \alpha^q_{R_n} + \sum \alpha^q_{\mu_{em}} = \alpha^q - \left[\sum \alpha^q_{P_i} + \sum \alpha^q_{\Delta P_k}\right]$$

$$(5) \qquad \sum y^r_{R_n} + \sum y^r_{\mu_{em}} = Y^r - \left[\sum y^r_{P_i} + \sum y^r_{\Delta P_k}\right]$$

Il faut écrire l'équation (4) pour chacun des points d'encastrements, et l'équation (5) pour chaque point d'appui indistinctement, qu'il comporte ou non un encastrement. Nous avons donc P équations (4) et (N — 1) équations (5).

Les seconds membres de ces relations sont faciles à calculer

(*) $\alpha^q_{P_i}$ doit se traduire par : *Inclinaison produite par la charge* P_i *au point d'indice* q. — Traduction analogue pour les symboles : $\alpha^q_{\Delta P_k}$, $\alpha^q_{R_n}$ .... $y^r_{P_i}$, $y^r_{\Delta P_k}$ ...., etc.

numériquement: α^q et Y^r sont des données; $\left[\sum \alpha^q_{P_i} + \sum \alpha^q_{\Delta P_k}\right]$ et $\left[\sum y^r_{P_i} + \sum y^r_{\Delta P_k}\right]$ sont aisés à obtenir, puisque ce sont : les *inclinaisons* que prendraient, — sous l'action des charges P_i et ΔP_k agissant seules, — les tangentes à la ligne moyenne aux points situés à l'aplomb des appuis avec encastrements, — et les *ordonnées* que prendraient, sous ces mêmes charges, les points de la ligne moyenne situés à l'aplomb de tous les appuis intermédiaires, ces appuis étant supprimés.

On rentre donc, pour le calcul des $\alpha^q_{P_i}$, $\alpha^q_{\Delta P_k}$, $y^r_{P_i}$, $y^r_{\Delta P_k}$, dans le cas de la poutre à une seule travée reposant librement sur ses appuis A_0, A_N.

Quant aux premiers membres,

$$\left[\sum \alpha^q_{R_n} + \sum \alpha^q_{\mu_{em}}\right] \text{ et } \left[\sum y^r_{R_n} + \sum y^r_{\mu_{em}}\right],$$

ils peuvent être facilement évalués en fonction *des moments d'encastrements* μ_{em} *et des réactions* R_n, *qui sont les inconnues*, puisque ces premiers membres représentent les *inclinaisons* et les *ordonnées* prises par les points de la ligne moyenne situés à l'aplomb des appuis avec encastrements et des appuis simples, sous l'influence de ces moments d'encastrements et de ces réactions agissant seuls sur la poudre A_0A_N privée de ses appuis intermédiaires.

6. — En résumé, ayant calculé les termes $\left[\sum \alpha^q_{P_i} + \sum \alpha^q_{\Delta P_k}\right]$ pour les points d'encastrements, les termes $\left[\sum y^r_{P_i} + \sum y^r_{\Delta P_k}\right]$ pour tous les points d'appuis intermédiaires indistinctement, et évalué, — en fonction des μ_{em} et des R_n, — les termes $\left[\sum \alpha^q_{R_n} + \sum \alpha^q_{\mu_{em}}\right]$, $\left[\sum y^r_{R_n} + \sum y^r_{\mu_{em}}\right]$, pour ces mêmes points, nous aurons :

$$\begin{aligned} &P \textit{ équations } (4), \\ &N-1 \textit{ équations } (5), \end{aligned}$$

dans lesquelles les P moments d'encastrements μ_{em}, et les $N-1$ réactions des appuis intermédiaires sont en évidence.

Il y a donc $(N + P - 1)$ équations, et $(N + P - 1)$ inconnues.

A ces équations s'ajoutent les deux équations d'équilibre statique entre les charges P_i, ΔP_k, les moments μ_{em} et les réactions R_0, R_1 ..... R_n ..... R_{N-1}, R_N de tous les appuis :

$$\sum \text{proj.}_{A_0 y} (P_i, \Delta P_k, R_0, R_N, R_n) = 0$$

$$\sum m^{t.}_{A_0} (P_i, \Delta P_k, R_0, R_N, R_n) + \sum \mu_{em} = 0$$

Ces deux dernières relations font connaître R_0 et R_N après que les R_n et les μ_{em} ont été déterminés par les équations (4) et 5).

Il est évident que l'application de la méthode est pénible dans le cas où la section de la poutre est variable, le calcul des inclinaisons et des ordonnées ne pouvant se faire autrement que par quadratures, car il n'existe pas, en général, de relation algébrique entre les abscisses des sections et leurs moments d'inertie.

Nous allons indiquer comment on peut rapidement conduire les calculs dans le cas où la section de la poutre est constante.

Remarque. — Dans le cas où il n'y a aucun appui avec encastrement, il n'y a pas lieu d'écrire les P équations (4); les $(N-1)$ équations (5) font connaître les $(N-1)$ réactions des appuis intermédiaires.

2°. CAS USUEL.

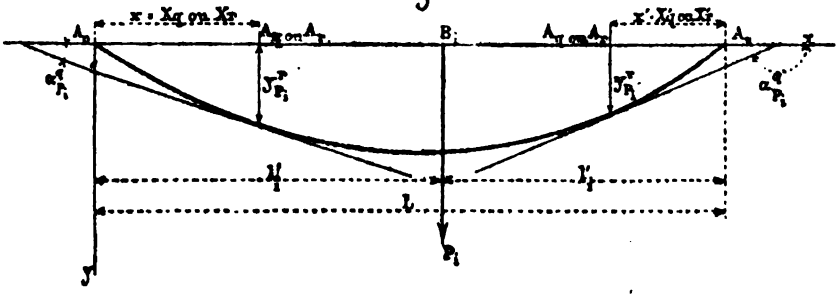
7. — La section de la poutre est constante, les appuis sont à des niveaux différents; les charges se composent de poids distincts P_i et de poids p_k uniformément répartis par mètre courant sur différentes parties de la poutre.

A. — *Calcul* (*en fonction des charges données* P_i, ΔP_k) *des termes* $\left[\sum \alpha^q_{P_i} + \sum^q_{\Delta P_k}\right]$ *pour chaque appui* A_q *avec encastrement, et* $\left[\sum y^r_P + \sum y^r_{\Delta P_k}\right]$ *pour chaque appui intermédiaire* A_r.

Voyons quelles sont les expressions générales des termes qui figurent sous les signes $\sum$:

1°. $\alpha^q_{P_i}$, $y^r_{P_i}$. — On sait que les inclinaisons et les ordonnées de la ligne moyenne d'une poutre *(fig. 2)* fléchie par une charge P_i, sont données par les formules suivantes :

Fig. 2



Tronçon A_0B_i :

$$\begin{cases} \mathcal{E}\alpha_{P_i} = P_i \dfrac{l'_i}{2L}\left[-x^2 + \dfrac{L^2 - l'^2_i}{3}\right] \\ \mathcal{E}y_{P_i} = P_i \dfrac{l'_i}{6L} x\,[-x^2 + L^2 - l'^2_i] \end{cases}$$

Tronçon A_NB_i :

$$\begin{cases} \mathcal{E}\alpha_{P_i} = P_i \dfrac{l_i}{2L}\left[x'^2 - \dfrac{L^2 - l_i^2}{3}\right] \\ \mathcal{E}y_{P_i} = P_i \dfrac{l_i}{6L} x'\,[-x'^2 + L^2 - l_i^2] \end{cases}$$

Ces formules appliquées aux points A_q et A_r donnent :

Au point A_q :

Si la charge est à droite du point A_q :

$$\mathcal{E}\alpha^q_{P_i} = P_i \frac{i}{2L}\left[-X_q^2 + \frac{L^2 - l'^2_i}{3}\right] \qquad (I)$$

Si la charge est à gauche du point A_q :

$$\mathcal{E}\alpha^q_{P_i} = P_i \frac{l_i}{2L}\left[+X'^2_q - \frac{L^2 - l_i^2}{3}\right] \qquad (III)$$

Au point A_r :

Si la charge est à droite du point A_r :

$$\mathcal{E}y^r_{P_i} = P_i \frac{l'_i}{6L} X_r\,[-X_r^2 + L^2 - l'^2_i] \qquad (II)$$

Si la charge est à gauche du point A_r :

$$\mathcal{E}y^r_{P_i} = P_i \frac{l_i}{6L} X'_r\,[-X'^2_r + L^2 - l_i^2] \qquad (IV).$$

2°. $\alpha^q_{\Delta P_k}$, $y^r_{\Delta P_k}$. — ΔP_k représente ici une charge uniformément répartie. Nous considérons deux cas :

(*a*). La charge $p_k = \Delta P_k$ s'étend sur toute la poutre A_0A_N.

On appliquera dans ce cas les formules connues :

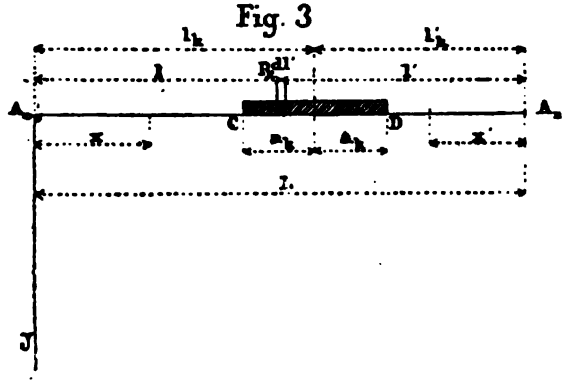
Au point A_q : $$\mathcal{E}\alpha^q_{\Delta P_k} = p_k \frac{1}{2}\left[\frac{X_q^3}{3} - \frac{L}{2}X_q^2 + \frac{L^3}{12}\right] \qquad (V)$$

Au point A_r : $$\mathcal{E}y^r_{\Delta P_k} = p_k \frac{1}{12}X_r\left[\frac{X_r}{2} - LX_r^2 + \frac{L^3}{2}\right] \qquad (VI).$$

(*b*). La charge occupe une travée, ou une portion de travée.

Il faut calculer les inclinaisons et les ordonnées de la ligne moyenne dans les deux tronçons A_0C, DA_N *(fig. 3)*. On sait qu'une

Fig. 3



charge P produit, dans le tronçon de la poutre situé à gauche de son point d'application, une inclinaison et une ordonnée dont les valeurs générales sont :

$$\mathcal{E}\alpha_p = P\frac{l'}{2L}\left(-x^2 + \frac{L^2 - l'^2}{3}\right) = \frac{P}{2L}\left[-x^2l' + \frac{L^2l' - l'^3}{3}\right]$$

$$\mathcal{E}y_p = P\frac{l'}{6L}x\left(-x^2 + L^2 - l'^2\right) = \frac{P}{6L}\left[-x^2l' + (L^2l' - l'^3)x\right]$$

Dans cette formule, faisons $P = p_k dl'$, α_p et y_p deviennent $d\alpha_{\Delta P_k}$ et $dy_{\Delta P_k}$:

$$\mathcal{E}d\alpha_{\Delta P_k} = \frac{p_k}{2L}\left[-x^2l'dl' + \frac{L^2l'dl' - l'^3dl'}{3}\right]$$

$$\mathcal{E}dy_{\Delta P_k} = \frac{p_k}{6L}\left[-x^2l'dl' + (L^2l'dl' - l'^3dl')x\right].$$

En intégrant ces deux équations depuis $l = (l_k - a_k)$ jusqu'à $l = (l_k + a_k)$, on obtient les inclinaisons et les ordonnées, dans le tronçon A_0C, produites par la charge p_k agissant sur la longueur $2a_k$; on trouve :

$$\text{Tronçon } A_0C : \begin{cases} \mathcal{E}\alpha_{\Delta P_k} = p_k \dfrac{a_k l'_k}{L}\left[-x^2 + \dfrac{1}{3}(L^2 - l'^2_k - a^2_k)\right] \\ \mathcal{E}y_{\Delta P_k} = p_k \dfrac{a_k l'_k}{3L}\, x\,[-x^2 + L^2 - l'^2_k - a^2_k]. \end{cases}$$

On obtient de même pour le tronçon DA_N :

$$\text{Tronçon } DA_N \begin{cases} \mathcal{E}\alpha_{\Delta P_k} = p_k \dfrac{a_k l_k}{L}\left[+x'^2 - \dfrac{1}{3}(L^2 - l^2_k - a^2_k)\right] \\ \mathcal{E}y_{\Delta P_k} = p_k \dfrac{a_k l_k}{3L}\, x'\left[-x'^2 + L^2 - l^2_k - a^2_k\right] \end{cases}$$

Les formules qu'il convient d'appliquer sont dès lors :

Au point A_q :

Si la charge est à droite de A_q :

$$\mathcal{E}\alpha^q_{\Delta P_k} = p_k \frac{a_k l'_k}{L}\left[-X^2_q + \frac{1}{3}(L^2 - l'^2_k - a^2_k)\right] \quad \text{(VII)}$$

Si la charge est à gauche de A_q :

$$\mathcal{E}\alpha^q_{\Delta P_k} = p_k \frac{a_k l_k}{L}\left[+X'^2_q - \frac{1}{3}(L^2 - l^2_k - a^2_k)\right] \quad \text{(IX)}$$

Au point A_r :

Si la charge est à droite de A_r :

$$\mathcal{E}y^r_{\Delta P_k} = p_k \frac{a_k l_k}{3L} X_r[-X^2_r + L^2 - l'^2_k - a^2_k] \quad \text{(VIII)}$$

Si la charge est à gauche de A_r :

$$\mathcal{E}y^r_{\Delta P_k} = p_k \frac{a_k l_k}{3L} X'_r[-X'^2_r + L^2 - l^2_k - a^2_k] \quad \text{(X)}.$$

Nous savons à présent calculer les termes $\alpha^q_{P_i}$, $\alpha^q_{\Delta P_k}$, $y^r_{P_i}$, $y^r_{\Delta P_k}$. Il reste à former les sommes :

$$\left[\sum \alpha^q_{P_i} + \sum \alpha''_{\Delta P_k}\right] \text{ et } \left[\sum y^r_{P_i} + \sum y^r_{\Delta P_k}\right].$$

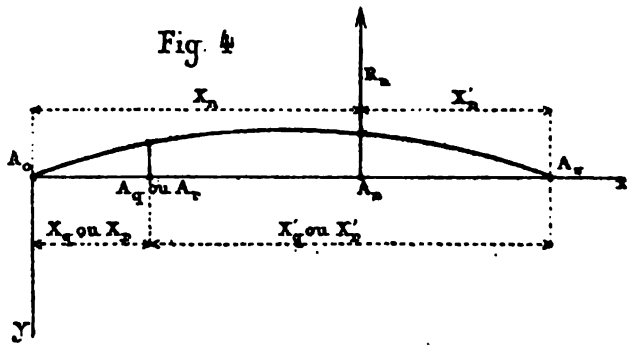
Les calculs peuvent être disposés comme le montre l'exemple développé dans l'Annexe I.

8. — B. — *Calcul (en fonction des inconnues* R_n *et* μ_{em}*) des termes* $\left[\sum \alpha^q_{R_n} + \sum \alpha^q_{\mu_{em}}\right]$ *pour chaque appui* A_q *avec encastrement, et* $\left[\sum y^r_{R_n} + \sum y^r_{\mu_{em}}\right]$ *pour chaque appui intermédiaire* A_r.

Évaluons les éléments qui figurent sous les signes $\sum$:

1°. $\alpha^q_{R_n}$, $y^r_{R_n}$. — La flexion est ici produite par la réaction R_n appliquée en A_n *(fig. 4)*.

Fig. 4



L'inclinaison en un point A_q dont les abscisses sont X_q et X'_q est donnée par les formules connues :

En A_q :

Si A_n est à droite de A_q :

$$\mathcal{E}\alpha^q_{R_n} = R_n \frac{X'_n}{2L}\left[-X_q^2 + \frac{L^2 - X'^2_n}{3}\right] \qquad \text{(XI)}$$

Si A_n est à gauche de A_q :

$$\mathcal{E}\alpha^q_{R_n} = R_n \frac{X_n}{2L}\left[+X'^2_q - \frac{L^2 - X_n^2}{3}\right] \qquad \text{(XIII)}.$$

L'ordonnée en un point A_r est donnée par :

En A_r :

Si A_n est à droite de A_r :

$$\mathcal{E}y^r_{R_n} = R_n \frac{X'_n}{6L} X_r \left[-X_r^2 + L^2 - X'^2_n\right] \qquad \text{(XII)}$$

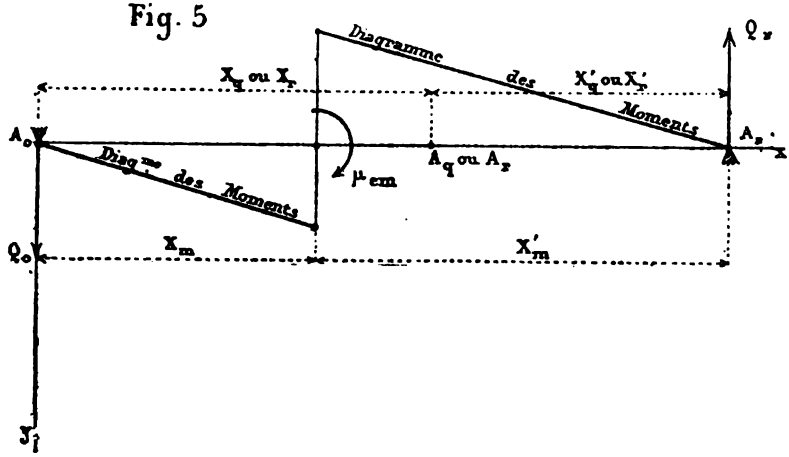
Si A_n est à gauche de A_r :

$$\mathcal{E}y^r_{R_n} = R_n \frac{X_n}{6L} X'_r \left[-X'^2_r + L^2 - X_n^2\right] \qquad \text{(XIV)}.$$

Nous ne mettons pas en évidence le signe de R_n parce qu'on ne le connaît pas toujours *a priori;* il sera donné par la résolution même des équations.

2°. $z^q_{\mu_{em}}$, $y^r_{\mu_{em}}$. — L'effort déterminant la déformation est un couple μ_{em} agissant sur une section dont les abscisses sont X_m, X'_m *(fig. 5).*

Fig. 5



Calculons les inclinaisons $\alpha_{\mu em}$, et les ordonnées $y_{\mu_{em}}$ en tous les points de la ligne moyenne fléchie; soit x l'abscisse générale d'un point quelconque. Les réactions Q_0 et Q_N ont les directions et les sens indiqués sur la figure. En prenant successivement les moments autour de A_0 et autour de A_N, on a :

$$\mu^{em} - Q_N L = 0 \text{ et } \mu_{em} - Q_0 L = 0 : \text{ d'où } Q_0 = Q_N = \frac{\mu_{em}}{L}.$$

Les moments fléchissants ont pour expressions :

Tronçon A_0A_m : $\mu = + \frac{\mu_{em}}{L} x$

Tronçon A_mA_N : $\mu = + \frac{\mu_{em}}{L} x - \mu_{em}$.

On en déduit par intégrations :

Tronçon A_0A_m : $\mathcal{E}\alpha_{\mu_{em}} = + \frac{\mu_{em}}{L} \frac{x^2}{2} + C_1$

Tronçon A_mA_N : $\mathcal{E}\alpha_{\mu_{em}} = + \frac{\mu_{em}}{L} \frac{x^2}{2} - \mu_{em} x + C$

$$\text{Tronçon } A_0A_m : \quad \mathcal{E}y_{\mu_{em}} = +\frac{\mu_{em}}{L}\frac{x^3}{6} + C_1x + C'_1$$

$$\text{Tronçon } A_mA_N : \quad \mathcal{E}y_{\mu_{em}} = +\frac{\mu_{em}}{L}\frac{x^3}{6} - \mu_{em}\frac{x^2}{2} + Cx + C'.$$

Les constantes C, C_1, C', C'_1 se déterminent en exprimant qu'il y a raccordement tangentiel entre les deux tronçons de la fibre moyenne déformée au point A_m, et qu'aux points A_0 et A_N les valeurs de $y_{\mu_{em}}$ sont nulles ; on trouve ainsi :

$$C = \mu_{em}\left(\frac{L}{3} + \frac{X_m^2}{2L}\right); \; C_1 = \mu_{em}\left(\frac{X_m^2}{2L} - X_m + \frac{L}{3}\right); \; C' = -\frac{\mu_{em}}{2}X_m^2; \; C'_1 = 0.$$

Portant ces valeurs dans les expressions de $\alpha_{\mu_{em}}$ et de $y_{\mu_{em}}$, il vient :

$$\text{Tronçon } A_0A_m : \quad \mathcal{E}\alpha_{\mu_{em}} = \mu_{em}\frac{1}{L}\left[\frac{x^2 + X_m^2}{2} - LX_m + \frac{L^2}{3}\right]$$

$$\text{Tronçon } A_mA_N : \quad \mathcal{E}\alpha_{\mu_{em}} = \mu_{em}\frac{1}{L}\left[\frac{x^2 + X_m^2}{2} - Lx + \frac{L^2}{3}\right]$$

$$\text{Tronçon } A_0A_m : \quad \mathcal{E}y_{\mu_{em}} = \mu_{em}\frac{x}{6L}\left[x^2 + 3X_m^2 - 6LX_m + 2L^2\right]$$

$$\text{Tronçon } A_mA_N : \quad \mathcal{E}y_{\mu_{em}} = \mu_{em}\left[\frac{x}{6L}\left[x^2 - 3Lx + 3X_m^2 + 2L^2\right] - \frac{X_m^2}{2}\right].$$

Appliquons ces formules aux points A_q et A_r ; nous obtenons finalement :

Au point A_q :

Si A_m est à droite de A_q :

$$\mathcal{E}\alpha^q_{\mu_{em}} = \mu_{em}\frac{1}{L}\left[\frac{X_q^2 + X_m^2}{2} - LX_m + \frac{L^2}{3}\right] \qquad \text{(XV)}$$

Si A_m est à gauche de A_q :

$$\mathcal{E}\alpha^q_{\mu_{em}} = \mu_{em}\frac{1}{L}\left[\frac{X_q^2 + X_m^2}{2} - LX_q + \frac{L^2}{3}\right] \qquad \text{(XVII)}$$

Au point A_r :

Si A_m est à droite de A_r :

$$\mathcal{E}y^r_{\mu_{em}} = \mu_{em}\frac{X_r}{6L}\left[X_r^2 + 3X_m^2 - 6LX_m + 2L^2\right] \qquad \text{(XVI)}$$

Si A_m est à gauche de A_r :

$$\mathcal{E}y^r_{\mu_{em}} = \mu_{em}\left[\frac{X_r}{6L}\left(X_r^2 - 3LX_r + 3X_m^2 + 2L^2\right) - \frac{X_m^2}{2}\right]. \qquad \text{(XVIII).}$$

Nous savons maintenant calculer les éléments des sommes $\left[\sum \alpha^q_{R_n} + \sum \alpha^q_{\mu_{em}}\right]$ et $\left[\sum y^r_{R_n} + \sum y^r_{\mu_{em}}\right]$, sommes qui représentent les premiers membres des équations (4) et (5).

Les calculs numériques peuvent se disposer de la même manière que pour les sommes $\left[\sum \alpha^q_{P_i} + \sum \alpha^q_{\Delta P_k}\right]$ et $\left[\sum y^r_{P_i} + \sum y^r_{\Delta P_k}\right]$.

Il n'y a pas lieu de nous arrêter à la résolution des équations (4) et (5), qui forment un système de N + P — 1 équations du premier degré à N + P — 1 inconnues.

Influence de la compressibilité des appuis.

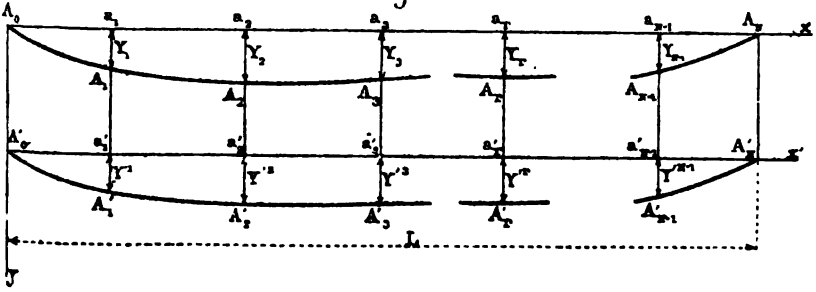
9. — Nous nous plaçons dans le cas général défini au n° 1 en faisant toutefois une restriction : la différence de niveau entre les appuis extrêmes est nulle, ou assez faible pour que l'on puisse regarder les réactions au contact de la poutre et des appuis comme sensiblement verticales.

Considérons, par exemple, une poutre métallique reposant sur des piles de maçonnerie ou de métal :

Sous l'influence des actions verticales exercées par la poutre, le sol de la fondation, la fondation, et les piles elles-mêmes se compriment, de sorte que les différences de niveau existant entre les appuis se modifient.

Soient *(fig. 6)* H_0, H_1, H_2..... H_{N-1}, H_N, les hauteurs des piles

Fig 6



correspondant aux appuis A_0, A_1, A_2.....A_{N-1}, A_N, et ΔH_0, ΔH_1, ΔH_2.....ΔH_{N-1}, ΔH_N, les variations que subissent ces hauteurs sous l'action des efforts transmis par la poutre ; soient ΔS_0,

$\Delta S_1, \Delta S_2 \ldots\ldots \Delta S_{N-1}, \Delta S_N$, les quantités dont s'abaisse le sol de la fondation pour ces mêmes appuis.

Nous rapporterons maintenant les ordonnées de la fibre moyenne, fléchie, non plus à la droite A_0A_N comme axe des x, mais bien à la nouvelle position $A'_0A'_N$ de cette droite.

$A_0, A_1 \ldots\ldots A_r \ldots\ldots A_{N-1}, A_N$, sont les positions des appuis avant flexion.

$A'_0, A'_1 \ldots\ldots A'_r \ldots\ldots A'_{N-1}, A'_N$, sont les positions des appuis après flexion.

Donc :

$$A_rA'_r = \Delta H_r + \Delta S_r.$$

Or ΔH_r et ΔS_r, quantités dont se compriment la pile et le sol au point A_r, peuvent être regardées comme proportionnelles à la réaction R_r en ce point d'appui ; on peut donc poser :

$$A_rA'_r = k_rR_r$$

où k_r est un coefficient qui dépend de la hauteur H_r de la pile, de sa section et de la nature de la pile et du sol.

D'autre part la figure donne les deux relations suivantes :

$$Y'^r = Y^r + AA'_r - a_ra'_r = Y^r + k_rR_r - a_ra'_r$$

$$a_ra'_r = A_0A'_0 + \frac{A_NA'_N - A_0A'_0}{L} X_r = k_0R_0 + \frac{k_nR_n - k_0R_0}{L} X_r.$$

D'où :

$$Y'^r = Y^r + k_rR_r - k_0R_0 - \frac{k_nR_n - k_0R_0}{L} X_r.$$

C'est cette valeur de Y'^r qu'il convient de faire entrer dans l'équation (5) qui prend la forme :

$$\sum y^r_{R_n} + \sum y^r_{\mu_{em}} = Y'^r - \left(\sum y^r_{P_i} + \sum y^r_{\Delta P_k}\right)$$

$$= Y^r + k_rR_r - k_0R_0\left(1 - \frac{X_r}{L}\right) - k_NR_N\frac{X_r}{L} - \left(\sum y^r_{P_i} + \sum y^r_{\Delta P_k}\right).$$

En groupant dans le premier membre les termes contenant les inconnues, il vient :

(5 *bis*).
$$\left[\sum y^r_{R_n} + \sum y^r_{\mu_{em}}\right] + k_0\left(1 - \frac{X_r}{L}\right)R_0 + k_N\frac{X_r}{L}R_N - k_rR_r$$
$$= Y^r - \left(\sum y^r_{P_i} + \sum y^r_{\Delta P_k}\right)$$

On voit que la formule (5) n'a, en définitive, changé que par l'addition, dans son premier membre, de trois termes contenant la réaction R_r au point d'appui A_r pour lequel on écrit l'équation, et les réactions R_0 et R_N aux appuis extrêmes A_0 et A_N.

Il faut remarquer que les équations (4) et (5) ne contenaient pas les inconnues R_0 et R_N, ce qui permettait de les résoudre indépendamment des équations (6) et (7), tandis que le nouveau système (4), (5 *bis*) renferme R_0 et R_N, ce qui exige qu'on lui adjoigne, — pour sa résolution même, — les équations (6) et (7).

Dans le cas du n° 5 on n'avait à résoudre qu'un système de $(N + P - 1)$ équations du premier degré; dans le cas actuel, le système comprend $(N + P + 1)$ équations.

Influence de la flexion des piles dans le cas où celles-ci sont assemblées avec la poutre d'une manière indéformable.

10. — Plaçons-nous encore dans les conditions définies au numéro précédent, et reprenons les équations (4), qui tiennent compte des encastrements :

$$\sum \alpha^q_{R_n} + \sum \alpha^q_{\mu_{em}} = \alpha^q - \left[\sum \alpha^q_{\mu_i} + \sum \alpha^q_{\Delta P_k}\right].$$

α^q est la tangente de l'angle (*) d'encastrement à l'appui considéré A_q. Après que la flexion de la poutre s'est produite, la pile ayant été entraînée dans la flexion, l'inclinaison α^q s'est modifiée et est devenue $\alpha^q + \Delta\alpha^q$ (*fig. 7*). A cet instant, le fait de l'assemblage indéformable de la poutre avec la pile équivaut: pour la poutre, à l'application en A_q d'un cou-

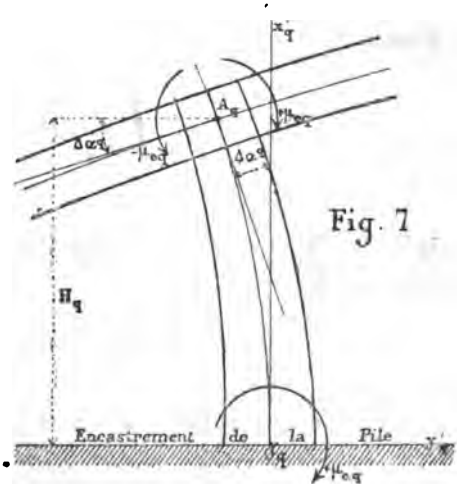


Fig. 7

(*) Angle qui se mesure, comme il a déjà été dit, avec la partie positive de la droite A_0A_N.

ple $+\mu_{eq}$; et pour la pile, à l'application d'un couple égal et contraire $-\mu_{eq}$.

La formule (4) devient alors :

$$\sum \alpha^q_{R_n} + \sum \alpha^q_{\mu_{em}} = \alpha^q + \Delta\alpha^q - \left[\sum \alpha^q_{P_i} + \sum \alpha^q_{\Delta P_k}\right] \qquad (a).$$

$\Delta\alpha^q$ s'évalue aisément en fonction de μ_{eq} : rapportons en effet la flexion de la pile aux axes ox'_q, oy'_q (ox'_q est la tangente, en O_q, à la ligne moyenne fléchie de la pile) ; nous supposerons que l'axe de la pile était vertical avant la déformation ; dans ces conditions, $\Delta\alpha^q$ est l'angle de la tangente en A_q à la ligne moyenne fléchie de la pile avec l'axe ox'_q.

Tout le long de la pile, le moment fléchissant est constant et égal à $-\mu_{eq}$. On a dès lors :

$$\Delta\alpha^q = \int_{x'_q=0}^{x'_q=H_q} -\frac{\mu_{eq}}{\mathcal{E}'_q}\,dx'_q = -\mu_{eq}\int_{x'_q=0}^{x'_q=H_q} \frac{1}{\mathcal{E}'_q}\,dx'_q$$

où $\mathcal{E}'_q$ est le module d'élasticité constant ou variable de la pile de rang q.

Posons :

$$-\int_{x'_q=0}^{x'_q=H_q} \frac{1}{\mathcal{E}'_q}\,dx'_q = \tau_q \ (*).$$

τ_q ne dépend que des dimensions de la pile de rang q. — $\Delta\alpha^q$ s'écrit maintenant sous la forme :

$$\Delta\alpha^q = \tau_q \mu_{eq}.$$

(*) Dans le cas particulier où la section de la pile est constante :

$$\tau_q = -\int_{x'_q=0}^{x'_q=H_q} \frac{1}{\mathcal{E}'_q}\,dx'_q = -\frac{H_q}{\mathcal{E}'_q}.$$

Substituant dans l'équation *(a)* :

$$\sum \alpha^q_{R_n} + \sum \alpha^q_{\mu_{em}} = \alpha^q + \tau_q \mu_{eq} - \left[\sum \alpha^q_{P_i} + \sum \alpha^q_{\Delta P_k} \right],$$

ou, en groupant dans le premier membre les termes contenant les inconnues :

(4 *bis*). $$\sum \alpha^q_{R_n} + \sum \alpha^q_{\mu_{em}} - \tau_q \mu_{eq} = \alpha^q - \left[\sum \alpha^q_{P_i} + \sum \alpha^q_{\Delta P_k} \right]$$

Cette équation ne diffère de l'équation (4) que par l'addition, dans son premier membre, du terme correctif $-\tau_q \mu_{eq}$, qui tient compte de la flexion de la pile. — Elle remplace (4) de même qu'au n° 9, 5 *bis* remplaçait 5.

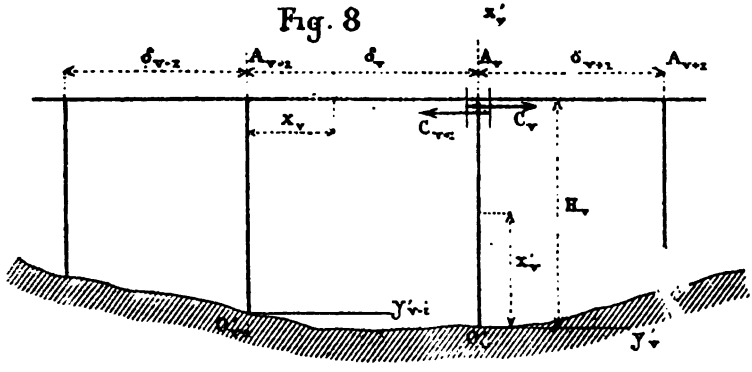
Nota. — En ce qui concerne la pile elle-même, elle est soumise aux deux efforts R_q et μ_{eq}.

Influence de la dilatation dans le cas où la poutre est ancrée sur les piles.

11. — Supposons qu'à la température du montage, les axes des piles soient verticaux. Puis admettons que la température varie, s'élève par exemple de $t°$: la poutre se dilate; cette dilatation étant gênée par les piles, il se développe dans la poutre des compressions longitudinales C, que nous nous proposons d'évaluer.

Soient C_{v-1}, C_v, C_{v+1} les compressions développées dans les travées δ_{v-1}, δ_v, δ_{v+1} (*fig.* 8).

Fig. 8



Les points A_{v-1}, A_v, A_{v+1} **ne sont plus, après déformation de la poutre et des piles, à la même distance les uns des autres que**

primitivement, car les piles ont fléchi; les longueurs initiales δ_{v-1}, δ_v, δ_{v+1} ont donc changé; les nouvelles longueurs peuvent s'évaluer de deux manières différentes :

1° La longueur δ_v , par exemple, serait devenue, si les piles n'avaient pas gêné la dilatation :

$$\delta_v(1+mt) \qquad (m = \textit{coefficient de dilatation})$$

mais la résistance opposée par les piles en A_{v-1} et en A_v, a produit dans la travée $A_{v-1}A_v$ une compression C_v qui a réduit la longueur $\delta_v(1+mt)$ à :

$$\delta_v(1+mt) - C_v \int_{x_v=0}^{x_v=\delta(1+mt)} \frac{dx_v}{E\Omega_v},$$

où Ω_v est la section supposée variable de la poutre entre A_{v-1} et A_v.

Posons :

$$\int_{x_v=0}^{x_v=\delta(1+mt)} \frac{dx_v}{E\Omega_v} = \rho_v$$

La valeur de la distance finale entre les points A_{v-1} et A_v devient :

a) $$\delta_v(1+mt) - \rho_v C_v \text{ (*)}.$$

2° Cette distance finale peut encore se calculer comme suit :

La pile O'_vA_v a été fléchie; soit f_v la flèche prise par le point A_v; nous compterons cette flèche positivement si elle s'est produite à droite de l'axe de la pile, et négativement à gauche; il en sera de même pour toutes les autres piles. La distance finale cherchée a pour valeur :

$$\delta_v + f_v - f_{v-1}.$$

(*) ρ_v ne dépend que des dimensions de la poutre entre A_{v-1} et A_v, et se réduit, dans le cas où la section Ω_v est constante, à :

$$\rho_v = \frac{\delta_v(1+mt)}{E\Omega_v}.$$

La flèche f_v est produite, dans la pile O'_vA_v, en A_v, par un effort $(C_v - C_{v+1})$; elle a dès lors pour expression :

$$f_v = \int_{x'_v=0}^{x'_v=H_v} dx'_v \int^{} \frac{(C_v - C_{v+1})(H_v - x'_v)}{\mathcal{E}'_v} dx'_v$$

$$= (C_v - C_{v+1}) \int_{x'_v=0}^{x'_v=H_v} dx'_v \int^{} \frac{H_v - x'_v}{\mathcal{E}'_v} dx'_v$$

où x'_v est l'abscisse générale d'un point de la pile, et $\mathcal{E}'_v$ le module d'élasticité correspondant; f_v peut s'écrire sous la forme :

$$f_v = \theta_v (C_v - C_{v-1})$$

en posant :

$$\int_{x'_v=0}^{x'_v=H_v} dx'_v \int^{} \frac{H_v - x'_v}{\mathcal{E}'_v} dx'_v = \theta_v \quad (*)$$

Par analogie, on a :

$$f_{v-1} = \theta_{v-1}(C_{v-1} - C_v)$$

d'où :

$$\begin{aligned} \delta_v + f_v - f_{v-1} &= \delta_v + \theta_v(C_v - C_{v+1}) - \theta_{v-1}(C_{v-1} - C_v) \\ &= \delta_v + (\theta_v + \theta_{v-1})C_v - \theta_v C_{v+1} - \theta_{v-1} C_{v-1} \end{aligned} \qquad (b)$$

Égalant les deux résultats (a) et (b), il vient :

$$\delta_v(1 + mt) - \rho_v C_v = \delta_v + (\theta_v + \theta_{v-1})C_v - \theta_v C_{v+1} - \theta_{v-1} C_{v-1}$$

ou :

$$-\theta_{v-1} C_{v-1} + (\theta_v + \theta_{v-1} + \rho_v)C_v - \theta_v C_{v+1} = \delta_v mt \qquad (8)\ (**)$$

(*) θ_v ne dépend que des dimensions de la pile, et se réduit, quand la section de la pile est constante, à :

$$\theta_v = \frac{H_v^3}{3\mathcal{E}'_v}.$$

(**) Dans le cas où la poutre et les piles sont de sections constantes, (8) prend la forme :

$$-\frac{H_{v-1}^3}{3\mathcal{E}'_{v-1}} C_{v-1} + \left[\frac{H_v^3}{3\mathcal{E}'_v} + \frac{H_{v-1}^3}{3\mathcal{E}'_{v-1}} + \frac{\delta_v(1+mt)}{E\Omega_v}\right] C_v - \frac{H_v^3}{3\mathcal{E}'_v} C_{v+1} = \delta_v mt.$$

On écrira l'équation (8), de proche en proche, en allant d'une extrémité à l'autre de la poutre, c'est-à-dire en faisant varier V de 1 à N, ce qui donnera N équations entre les N compressions C.

Nota. — Ces compressions n'ont, en général, pas beaucoup d'influence sur les conditions de résistance de la poutre; mais il n'en est pas de même en ce qui concerne les piles qui ont à résister à un moment de flexion dont la valeur générale est, pour la pile de rang v :

$$\mu_v = [C_v - C_{v+1}][H_v - x'_v],$$

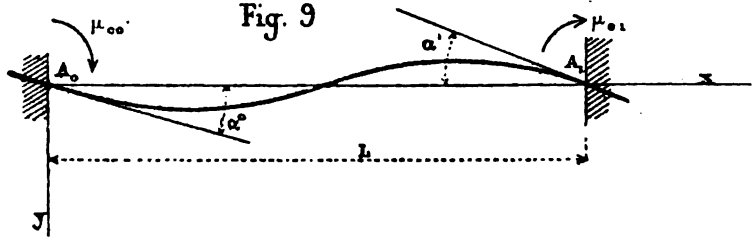
valeur qui atteint son maximum à la base de la pile (pour $x'_v = 0$) :

$$(\mu_v)_m = [C_v - C_{v+1}]H_v.$$

Cas particulier de la poutre à une seule travée, de section constante, encastrée à ses deux extrémités.

12. — Soient α^0 et α^1 les tangentes des angles d'encastrement de la poutre en A_0 et A_1 *(fig. 9)*.

Fig. 9



Nous laisserons indéterminée la nature de la surcharge. Appliquons la formule (4) de la théorie générale aux points d'appuis avec encastrements, c'est-à-dire aux points A_0 et A_1 :

$$\left.\begin{aligned} \sum \alpha^0_{R_n} + \sum \alpha^0_{\mu_{cm}} &= \alpha^0 - \left[\sum \alpha^0_{P_i} + \sum \alpha^0_{\Delta P_k}\right] \\ \sum \alpha^1_{R_n} + \sum \alpha^1_{\mu_{cm}} &= \alpha^1 - \left[\sum \alpha^1_{P_i} + \sum \alpha^1_{\Delta P_k}\right] \end{aligned}\right\} (a)$$

$\sum \alpha^0_{R_n}$ et $\sum \alpha^1_{R_n}$ sont nuls, puisqu'il n'y a pas ici d'appuis intermédiaires.

D'autre part :

$$\sum \alpha^0_{\mu_{em}} = \alpha^0_{\mu_{e0}} + \alpha^0_{\mu_{e1}};$$

$$\sum \alpha^1_{\mu_{em}} = \alpha^1_{\mu_{e0}} + \alpha^1_{\mu_{e1}}.$$

Les valeurs des termes en α de ces deux dernières équations se calculent par les formules (XV) et (XVII) du n° 8; on a dès lors :

$$\mathcal{E}\alpha^0_{\mu_{e0}} = \mu_{e0}\frac{1}{L}\left[\frac{X_0^2+X_0^2}{2} - LX_0 + \frac{L^2}{3}\right];\quad \mathcal{E}\alpha^0_{\mu_{e1}} = \mu_{e1}\frac{1}{L}\left[\frac{X_0^2+X_1^2}{2} - LX_1 + \frac{L^2}{3}\right];$$

$$\mathcal{E}\alpha^1_{\mu_{e0}} = \mu_{e0}\frac{1}{L}\left[\frac{X_1^2+X_0^2}{2} - LX_1 + \frac{L^2}{3}\right];\quad \mathcal{E}\alpha^1_{\mu_{e1}} = \mu_{e1}\frac{1}{L}\left[\frac{X_1^2+X_1^2}{2} - LX_1 + \frac{L^2}{3}\right];$$

en faisant $X_0 = 0$ et $X_1 = L$, on trouve, toutes réductions faites :

$$\mathcal{E}\alpha^0_{\mu_{e0}} = \mu_{e0}\frac{L}{3}. \qquad \mathcal{E}\alpha^0_{\mu_{e1}} = -\mu_{e1}\frac{L}{6}.$$

$$\mathcal{E}\alpha^1_{\mu_{e0}} = -\mu_{e0}\frac{L}{6}. \qquad \mathcal{E}\alpha^1_{\mu_{e1}} = \mu_{e1}\frac{L}{3}.$$

D'où :

$$\sum \alpha^0_{\mu_{em}} = \frac{1}{\mathcal{E}} L\left[\frac{1}{3}\mu_{e0} - \frac{1}{6}\mu_{e1}\right];$$

et :

$$\sum \alpha^1_{\mu_{em}} = \frac{1}{\mathcal{E}} L\left[-\frac{1}{6}\mu_{e0} + \frac{1}{3}\mu_{e1}\right].$$

En substituant dans les équations (a) :

$$\frac{1}{3}\mu_{e0} - \frac{1}{6}\mu_{e1} = \frac{\mathcal{E}}{L}\left[\alpha^0 - \left(\sum \alpha^0_{P_i} + \sum \alpha^0_{\Delta P_k}\right)\right] = M.$$

$$-\frac{1}{6}\mu_{e0} + \frac{1}{3}\mu_{e1} = \frac{\mathcal{E}}{L}\left[\alpha^1 - \left(\sum \alpha^1_{P_i} + \sum \alpha^1_{\Delta P_k}\right)\right] = N.$$

d'où l'on tire :

$$\mu_{e0} = 4M + 2N$$

$$\mu_{e1} = 2M + 4N.$$

Dans chaque cas particulier, on remplacera M et N par leurs valeurs qui dépendent de la nature de la charge.

CHAPITRE II.

Complément de méthode analytique ayant pour objet la détermination directe des moments fléchissants dus aux réactions sur piles.

Sommaire. — Remarques préliminaires. — Poutre reposant librement sur ses appuis : — 1° La section de la poutre est variable. — 2° Elle est constante. — Poutre encastrée sur ses appuis : — 1° La section de la poutre est variable. — 2° Elle est constante. — Cas particulier de la poutre à une seule travée, — de section constante, — encastrée à ses deux extrémités. — Influence de la flexion des piles dans le cas où celles-ci sont assemblées avec la poutre d'une manière indéformable : — 1° La section de la poutre est constante. — 2° Elle est variable.

Remarques préliminaires.

13. — Les données du problème sont toujours celles indiquées au n° 1. Cependant, pour la facilité de la démonstration, nous scindons notre étude en deux : — 1° la poutre repose librement sur ses appuis. — 2° Elle est encastrée sur ses appuis.

Nous verrons par la suite qu'il est plus simple de faire entrer dans les équations les *Moments développés en chaque point d'appui par les réactions* que d'y introduire les *Réactions mêmes des appuis*. On devra donc, pour la rapidité des calculs, rejeter la première méthode indiquée aux n°s 5 et 6, toutes les fois que l'on n'aura pas de raison spéciale pour déterminer immédiatement les réactions des appuis. On devra y revenir dans le cas contraire, par exemple lorsque l'on voudra tenir compte de la compressibilité des appuis.

Nous montrerons en effet que les équations entre les moments fléchissants sur appuis, dus aux réactions, ne contiennent chacune que trois moments consécutifs, tandis que les équations entre les réactions contiennent chacune toutes les réactions sur les appuis intermédiaires; ces dernières sont donc plus longues à former et à résoudre.

14. — Nous désignerons les moments dus aux réactions et aux moments d'encastrements agissant seuls sur la poutre A_0A_N, pri-

vée de ses appuis intermédiaires et de ses encastrements, par l'expression : *Moments de réactions.*

De même, nous appelerons *Moment de charges* en un point le moment qui serait développé en ce point, par l'application des charges données, sur la poutre A_0A_N privée de ses appuis intermédiaires et de ses encastrements.

Le premier lemme du n° 4 se traduit dès lors comme suit :

En chaque point de la ligne moyenne fléchie de la poutre continue, le moment fléchissant effectif est égal à la somme algébrique du moment de charges $\mu_{P\Delta P}$, *et du moment de réactions* $\mu_{R\mu_e}$.

On sait déterminer en chaque point la valeur du moment de charges; il suffit donc, pour connaître le moment fléchissant définitif, de calculer en chaque point le moment de réactions ; c'est le but que nous allons poursuivre.

Nous adopterons également les expressions : *Inclinaison de charges, Inclinaison de réactions; Ordonnée de charges, Ordonnée de réactions;* ce qui transforme les énoncés 2 et 3 du n° 4 en deux énoncés semblables à celui qui vient d'être donné pour les moments.

15. — Reprenons les équations (4) et (5) :

$$(4) \qquad \sum \alpha^q_{R_n} + \sum \alpha^q_{\mu_{em}} = \alpha^q - \left(\sum \alpha^q_{P_i} + \sum \alpha^q_{\Delta P_k} \right)$$

$$(5) \qquad \sum y^r_{R_n} + \sum y^r_{\mu_{em}} = Y^r - \left(\sum y^r_{P_i} + \sum y^r_{\Delta P_k} \right)$$

Les premiers membres représentent les inclinaisons de réactions, et les ordonnées de réactions. Au lieu de les calculer en fonction des R_n et des μ_{em}, — comme nous l'avons fait jusqu'à présent, — on peut les calculer en fonction des moments de réactions sur appuis. Ce calcul mettra en évidence, dans les premiers membres de (4) et (5), ces derniers moments de réactions qui sont les inconnues.

Quant aux seconds membres, on sait les calculer par quadratures en fonction des charges. Toute la question est donc d'évaluer les premiers membres de (4) et (5) en fonction des $\mu_{R\mu_e}$ aux appuis. Nous allons voir successivement comment on peut le faire dans les deux cas indiqués au n° 13.

Poutre reposant librement sur ses appuis.

1° La section de la poutre est variable.

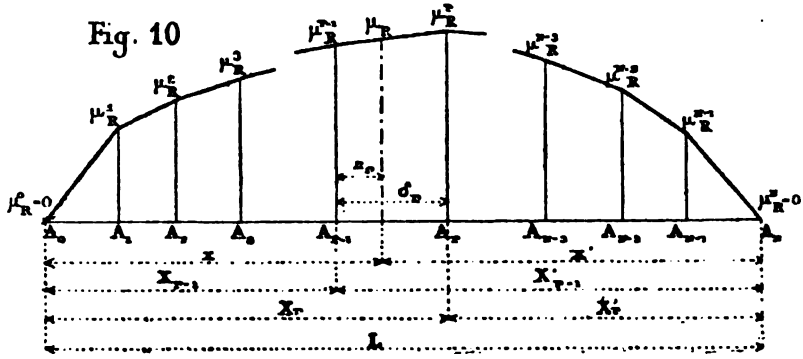
16. — Puisqu'il n'y a pas d'encastrements, les équations (4) et (5) se réduisent à :

$$(4) \qquad \sum \alpha^q_{R_n} = \alpha^q - \left(\sum \alpha^q_{P_i} + \sum \alpha^q_{\Delta P_k} \right)$$

$$(5) \qquad \sum y^r_{R_n} = Y^r - \left(\sum y^r_{P_i} + \sum y^r_{\Delta P_k} \right)$$

La ligne représentative des moments de réactions est un polygone dont les sommets se trouvent sur les perpendiculaires à $A_0 A_N$ menées aux points d'appuis *(fig. 10)*, puisque les réactions sont des efforts distincts.

Fig. 10



Soient μ^0_R, μ^1_R, μ^2_R, ... μ^{r-1}_R, μ^r_R, ... μ^{N-1}_R, μ^N_R les moments de réactions sur les appuis A_0, A_1, A_2, ... A_{r-1}, A_r, ... A_{N-1}, A_N.

Appliquons les formules (4) et (5) au point A_r : les premiers membres représentent l'inclinaison de réactions α^r_R, et l'ordonnée de réactions Y^r_R au point A_r; d'où :

$$(6) \qquad \alpha^r_R = \alpha^r - \left(\sum \alpha^r_{P_i} + \sum \alpha^r_{\Delta P_k} \right)$$

$$(7) \qquad Y^r_R = Y^r - \left(\sum y^r_{P_i} + \sum y^r_{\Delta P_k} \right)$$

Evaluons maintenant l'inclinaison de réactions α_R et l'ordonnée de

réactions Y_R pour un point quelconque de la ligne moyenne défini par son abscisse x :

$$\alpha_R = \alpha_R^0 + \int_{x=0}^{x=x} \frac{\mu_R}{EI}\,dx \qquad Y_R = \int_{x=0}^{x=x} \alpha_R\,dx\,.$$

En choisissant ce point dans la travée de rang r, on peut écrire :

$$(a) \qquad \alpha_R = \alpha_R^0 + \int_{x=0}^{x=X_{r-1}} \frac{\mu_R}{EI}\,dx + \int_{x=X_{r-1}}^{x=x} \frac{\mu_R}{EI}\,dx = \alpha_R^{r-1} + \int_{x=X_{r-1}}^{x=x} \frac{\mu_R}{EI}\,dx.$$

Et de même :

$$Y_R = \int_{x=0}^{x=X_{r-1}} \alpha_R\,dx + \int_{x=X_{r-1}}^{x=x} \alpha_R\,dx = Y_R^{r-1} + \int_{x=X_{r-1}}^{x=x} \alpha_R\,dx.$$

Dans l'intervalle compris entre X_{r-1} et x, α_R variant suivant la formule (a), on a :

$$\int_{x=X_{r-1}}^{x=x} \alpha_R\,dx = \int_{x=X_{r-1}}^{x=x} \left[\alpha_R^{r-1} + \int_{x=X_{r-1}}^{x=x} \frac{\mu_R}{EI}\,dx\right] dx$$

$$= \alpha_R^{r-1}(x - X_{r-1}) + \int_{x=X_{r-1}}^{x=x} dx \int_{x=X_{r-}}^{x=x} \frac{\mu_R}{EI}\,dx$$

Substituant dans Y_R, il vient :

$$(b) \qquad Y_R = Y_R^{r-1} + \alpha_R^{r-1}(x - X_{r-1}) + \int_{x=X_{r-1}}^{x=x} dx \int_{x=X_{r-1}}^{x=} \frac{\mu_R}{EI}\,dx.$$

D'autre part, d'après la figure 10, on peut écrire :

$$\mu_R = \mu_R^{r-1} + \frac{\mu_R^r - \mu_R^{r-1}}{\delta_r}(x - X_{r-1})$$

(a) devient dès lors :

$$(c)\qquad \alpha_R = \alpha_R^{r-1} + \mu_R^{r-1}\int_{x=X_{r-1}}^{x=x}\frac{dx}{EI} + \frac{\mu_R^r - \mu_R^{r-1}}{\delta_r}\int_{x=X_{r-1}}^{x=x}\frac{x - X_{r-1}}{EI}dx$$

(b) donne de même :

$$(d)\qquad Y_R = Y_R^{r-1} + \alpha_R^{r-1}(x - X_{r-1}) + \mu_R^{r-1}\int_{x=X_{r-1}}^{x=x}dx\int_{x=X_{r-1}}^{x=x}\frac{dx}{EI}$$

$$+\frac{\mu_R^r - \mu_R^{r-1}}{\delta_r}\int_{x=X_{r-1}}^{x=x}dx\int_{x=X_{r-1}}^{x=x}\frac{x - X_{r-1}}{EI}dx.$$

Posons $(x - X_{r-1}) = x_r$; x_r sera l'abscisse d'un point quelconque de la travée $A_{r-1}A_r$ par rapport à l'extrémité A_{r-1} de cette travée; par suite de ce changement de variable, les équations (c) et (d) prennent la forme :

$$(e)\qquad \alpha_R - \alpha_R^{r-1} = \mu_R^{r-1}\int_{x_r=0}^{x_r=x_r}\frac{dx_r}{EI} + \frac{\mu_R^r - \mu_R^{r-1}}{\delta_r}\int_{x_r=0}^{x_r=x_r}\frac{x_r dx_r}{EI}$$

$$(f)\qquad Y_R - Y_R^{r-1} = \alpha_R^{r-1}x_r + \mu_R^{r-1}\int_{x_r=0}^{x_r=x_r}dx_r\int_{x_r=0}^{x_r=x_r}\frac{dx_r}{EI}$$

$$+\frac{\mu_R^r - \mu_R^{r-1}}{\delta_r}\int_{x_r=0}^{x_r=x_r}dx_r\int_{x_r=0}^{x_r=x_r}\frac{x_r dx_r}{EI}.$$

Si l'on applique ces équations au point A_r, c'est-à-dire si l'on y fait $x_r = \delta_r$, α_R et Y_R deviennent : α_R^r, Y_R^r; d'où :

$$(g)\qquad \alpha_R^r - \alpha_R^{r-1} = \mu_R^{r-1}\int_{x_r=}^{x_r=\delta_r}\frac{dx_r}{EI} + \frac{\mu_R^r - \mu_R^{r-1}}{\delta_r}\int_{x_r=0}^{x_r=\delta_r}\frac{x_r dx_r}{EI}.$$

$$(h)\qquad Y_R^r - Y_R^{r-1} = \alpha_R^{r-1}\delta_r + \mu_R^{r-1}\int_{x_r=0}^{x_r=\delta} dx_r \int_{x_r=0}^{x=x_r} \frac{dx_r}{EI} + \frac{\mu_R^r - \mu_R^{r-1}}{\delta_r}\int_{r=0}^{x_r=\delta_r} dx_r \int_{x_r=0}^{x_r=x_r} \frac{x_r dx_r}{EI}.$$

Les intégrales, qui figurent dans les seconds membres de ces deux dernières équations, ne dépendent que des moments d'inertie et de la longueur de la travée de rang r; elles sont donc indépendantes des valeurs de μ_R^{r-1}, μ_R^r, α_R^{r-1}, α_R^r, Y_R^{r-1}, Y_R^r; posons :

$$\int_{x_r=0}^{x_r=\delta_r} \frac{dx_r}{EI} = \varphi_r \qquad \frac{1}{\delta_r}\int_{x_r=0}^{x_r=\delta_r} dx_r \int_{x_r=0}^{x_r=x_r} \frac{dx_r}{EI} = \chi_r$$

$$\frac{1}{\delta_r}\int_{x_r=0}^{x_r=\delta_r} \frac{x_r dx_r}{EI} = \psi_r \qquad \frac{1}{\delta_r^2}\int_{x_r=0}^{x_r=\delta_r} dx_r \int_{x_r=0}^{x_r=x_r} \frac{x_r dx_r}{EI} = \zeta_r$$

(g) et (h) s'écrivent dès lors :

$$(8)\qquad \alpha_R^r - \alpha_R^{r-1} = \varphi_r\mu_R^{r-1} + \psi_r\left(\mu_R^r - \mu_R^{r-1}\right)$$

$$(9)\qquad Y_R^r - Y_R^{r-1} = \delta_r\alpha_R^{r-1} + \delta_r\chi_r\mu_R^{r-1} + \delta_r\zeta_r\left(\mu_R^r - \mu_R^{r-1}\right)$$

On peut poser les équations (8) et (9) pour chaque travée.

Éliminons les inclinaisons α_R^{r-1}, α_R^r; à cet effet, écrivons l'équation (9) pour la travée de rang $(r+1)$:

$$(9\ bis)\quad Y_R^{r+1} - Y_R^r = \delta_{r+1}\alpha_R^r + \delta_{r+1}\chi_{r+1}\mu_R^r + \delta_{r+1}\zeta_{r+1}\left(\mu_R^{r+1} - \mu_R^r\right).$$

Si de (9) et (9 *bis*) on tire α_R^{r-1} et α_R^r et si on substitue dans (8), on trouve, tous calculs faits :

$$(10)\left(\varphi_r - \psi_r - \chi_r - \zeta_r\right)\mu_R^{r-1} - \left(\psi_r - \zeta_r + \chi_{r+1} - \zeta_{r+1}\right)\mu_R^r + \zeta_{r+1}\mu_R^{r+1} = \frac{Y_R^{r+1} - Y_R^r}{\delta_{r+1}} - \frac{Y_R^r - Y_R^{r-1}}{\delta_r}.$$

Cette équation ne contient plus comme inconnues que μ_R^{r-1}, μ_R^r, μ_R^{r+1}, c'est-à-dire *trois moments de réactions sur piles consécutifs*. Les Y_R qui figurent dans le second membre, se calculeront, en fonctions des charges, par la formule (7) que l'on appliquera à chaque point d'appui.

On écrira cette équation des *trois moments de réactions sur piles*, de proche en proche, depuis une extrémité de la poutre jusqu'à l'autre, et l'on en tirera les *moments de réactions sur piles*, en remarquant que $\mu_R^0 = \mu_R^N = 0$.

2° *La section de la poutre est constante.*

17. — Si l'on calcule, dans cette hypothèse, les valeurs de φ_r, ψ_r, χ_r, ζ_r, — ce qui s'effectue en faisant sortir I du signe de l'intégration, — on obtient :

$$\varphi_r = \frac{\delta_r}{EI} \qquad \chi_r = \frac{\delta_r}{2EI}$$

$$\psi_r = \frac{\delta_r}{2EI} \qquad \zeta_r = \frac{\delta_r}{6EI}$$

Ces valeurs portées dans, l'équation (10), avec les valeurs de même forme de φ_{r-1}, ψ_{r-1}, χ_{r-1}, ζ_{r-1}, donnent :

(10 *bis*)

$$\frac{1}{6EI}\left[\delta_r \mu_R^{r-1} + 2\left(\delta_r + \delta_{r+1}\right)\mu_R^r + \delta_{r+1}\mu_R^{r+1}\right] = \frac{Y_R^{r+1} - Y_R^r}{\delta_{r+1}} - \frac{Y_R^r - Y_R^{r-1}}{\delta_r}$$

18. — Une fois les moments de réactions sur piles connus, on en tirera les moments définitifs sur piles, en les cumulant avec les moments de charges sur piles. *(Voir n° 14.)* — On en tirera également, si on le désire, les valeurs des réactions sur piles.

Poutre encastrée avec ses appuis.

1° La section de la poudre est variable.

19. — Les équations (4) et (5), appliquées à l'appui A_r, donnent:

$$\sum \alpha^r_{R_n} + \sum \alpha^r_{\mu_{em}} = \alpha^r - \left[\sum \alpha^r_{P_i} + \sum \alpha^r_{\Delta P_k}\right]$$

$$\sum y^r_{R_n} + \sum y^r_{\mu_{em}} = Y^r - \left[\sum y^r_{P_i} + \sum y^r_{\Delta P_k}\right].$$

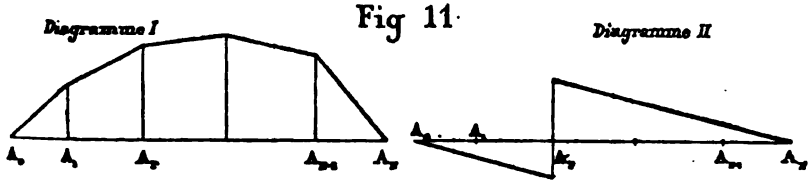
Les premiers membres représentent les inclinaisons de réactions sur piles, et les ordonnées de réactions sur piles. (En comprenant, dans le terme *Réactions*, aussi bien les moments d'encastrements μ_e que les réactions R.) Nous représenterons ces premiers membres par $\alpha^r_{R\mu_e}$, $Y^r_{R\mu_e}$; d'où :

$$\alpha^r_{R\mu_e} = \alpha^r - \left(\sum \alpha^r_{P_i} + \sum \alpha^r_{\Delta P_k}\right) \tag{11}$$

$$Y^r_{R\mu_e} = Y^r - \left(\sum y^r_{P_i} + \sum y^r_{\Delta P_k}\right) \tag{12}$$

Sur chaque appui, le moment de réactions a deux valeurs : l'une correspondant à une section prise à gauche de l'appui, l'autre à une section prise à droite. En effet, on sait que le diagramme des moments développés par les réactions R est un polygone convexe, dont les sommets sont situés sur les perpendiculaires à A_0A_N menées par les points d'appui. *(Diagramme I.)* — Quant au diagramme des

Fig 11.



moments développés par un couple-réaction μ_e, il se compose de deux droites parallèles issues de A_0 et de A_N, et se terminant sur

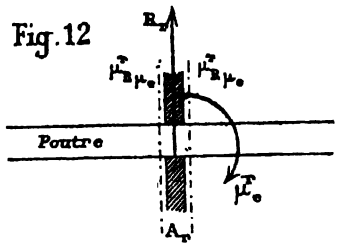
la perpendiculaire à A_N menée au point d'appui encastré considéré ; *(Voir n° 8.)* ce diagramme présente donc un décrochement en A_r. *(Diagramme II.)*

Quand, pour avoir le diagramme final des moments de réactions, on cumulera les ordonnées du diagramme I avec celles des diagrammes tels que II, obtenus pour chaque couple-réaction, ces décrochements subsisteront aux points d'appuis. En chaque appui le moment de réactions a donc deux valeurs.

Pour l'appui de rang r, nous représenterons ces deux valeurs par $\mu^r_{R_{\mu e}}$ $\mu'^r_{R\mu_e}$. La différence de ces deux quantités représente précisément la valeur du moment d'encastrement, c'est-à-dire du couple-réaction à l'appui considéré.

En effet, considérons l'appui A_r *(fig. 12)*; soit μ^r_e le couple-réaction de cet appui ; μ'^r_μ est le moment de réaction immédiatement à droite de l'appui ; $\mu^r_{R\mu_e}$ est le moment de réactions immédiatement à gauche ; dans l'intervalle agit le couple réaction μ^r ainsi que la réaction R_r ; on a donc, en prenant toujours les moments des forces agissant à droite de la section considérée :

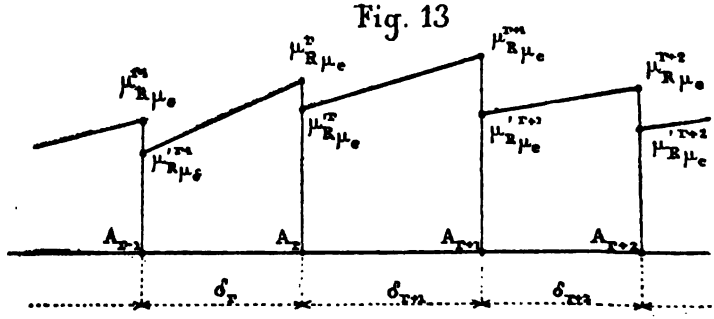
Fig. 12



$$\mu^r_{R\mu_e} = \mu'^r_{R\mu_e} + \mu^r_e ; \qquad \text{ou} \qquad \mu^r_{R\mu_e} - \mu'^r_{R\mu_e} = \mu^r_e$$

En résumé, le diagramme des moments de réactions entre trois appuis consécutifs présentera une disposition analogue à celle de la figure 13.

Fig. 13



Les moments de réactions varient dans chaque travée suivant les

ordonnées d'une droite; les calculs du n° 16 ayant précisément ce fait comme point de départ, s'appliquent encore ici; on peut donc encore poser les équations (8) et (9), à la condition, toutefois, de remplacer μ_R^{r-1} par $\mu'^{(r-1)}_{R\mu_r}$ et μ_R^r par $\mu^r_{R\mu_r}$:

$$(13)\qquad \alpha^r_{R\mu_e} - \alpha^{r-1}_{R\mu_e} = \varphi_r \mu'^{r-1}_{R\mu_e} + \psi_r \left(\mu^r_{R\mu_e} - \mu'^{r-1}_{R\mu_e}\right)$$

$$(14)\qquad Y^r_{R\mu_e} - Y^{r-1}_{R\mu_e} = \delta_r \alpha^{r-1}_{R\mu_e} + \delta_r \chi_r \mu'^{r-1}_{R\mu_e} - \delta_r \zeta_r \left(\mu^r_{R\mu_e} - \mu'^{r-1}_{R\mu_e}\right)$$

D'autre part, les formules (11) et (12) permettent de calculer numériquement $\alpha^r_{R\mu_e}$, $\alpha^{r-1}_{R\mu_e}$, $Y^r_{R\mu_e}$, $Y^{r-1}_{R\mu_e}$ en fonction des inclinaisons x^r, x^{r-1} des encastrements, — des ordonnées Y^r, Y^{r-1} des appuis, — et des charges P_i, ΔP_k, — quantités qui sont toutes des données. Posons :

$$(15)\qquad \alpha^r_{R\mu_e} - \alpha^{r-1}_{R\mu_e} = S_r$$

$$(16)\qquad \frac{Y^r_{R\mu_e} - Y^{r-1}_{R\mu_e} - \delta_r \alpha^{r-1}_{R\mu_e}}{\delta_r} = \frac{Y^r_{R\mu_e} - Y^{r-1}_{R\mu_e}}{\delta_r} - \alpha^{r-1}_{R\mu_e} = T_r$$

où S_r et T_r représentent des quantités connues.

Les équations (13) et (14) deviennent :

$$(17)\qquad (\varphi_r - \psi_r)\, \mu'^{r-1}_{R\mu_e} + \psi_r \mu^r_{R\mu_e} = S_r$$

$$(18)\qquad (\chi_r - \zeta_r)\, \mu'^{r-1}_{R\mu_e} + \zeta_r \mu^r_{R\mu_e} = T_r$$

On voit donc que les moments aux deux extrémités d'une même travée sont liés par un système de deux équations du premier degré, d'où l'on tire :

$$(19)\qquad \mu'^{r-1}_{R\mu_e} = \frac{S_r \zeta_r - T_r \psi_r}{(\varphi_r - \psi_r)\zeta_r - (\chi_r - \zeta_r)\psi_r}$$

$$(20)\qquad \mu^r_{R\mu} = \frac{(\varphi_r - \psi_r) T_r - (\chi_r - \zeta_r) S_r}{(\varphi_r - \psi_r)\zeta_r - (\chi_r - \zeta_r)\psi_r}$$

(Le dénominateur de ces fractions peut s'écrire sous la forme plus simple : $\varphi_r \zeta_r - \chi_r \psi_r$).

Il suffit de faire varier l'indice r de 1 à N pour obtenir les formules donnant les moments de réactions aux extrémités de chaque travée.

2° La section de la poutre est constante.

20. — Les valeurs de φ_r, ψ_r, χ_r, ζ_r, qu'il convient de substituer dans les formules (19) et (20), ont été déjà indiquées au n° 17. On en tire :

$$\psi_r = \frac{\delta_r}{2EI} \qquad \varphi_r - \psi_r = \frac{\delta_r}{2EI}$$

$$\zeta_r = \frac{\delta_r}{6EI} \qquad \chi_r - \zeta_r = \frac{\delta_r}{3EI}$$

Ces valeurs, portées dans (19) et (20), donnent, après réductions :

(19 *bis*) $$\mu'^{r-1}_{R\mu_e} = \frac{2EI}{\delta_r}\left[3T_r - S_r\right]$$

(20 *bis*) $$\mu^{r}_{R\mu_e} = \frac{2EI}{\delta_r}\left[2S_r - 3T_r\right]$$

Cas particulier de la poutre à une seule travée, de section constante, encastrée à ses deux extrémités.

21. — Les formules à employer sont : (15), (16), (19 *bis*) et (20 *bis*). $Y^r_{R\mu}$, $Y^{r-1}_{R\mu_e}$, qui représentent les ordonnées de réactions à l'aplomb des appuis, sont nulles, puisque ces Y concernent ici les appuis extrêmes, la poutre n'ayant pas d'appuis intermédiaires; (15) et (16) se réduisent à :

$$S_1 = \alpha^1_{R\mu_e} - \alpha^0_{R\mu_e}$$

$$T_1 = -\alpha^0_{R\mu_e}$$

Les formules de résolution (19 *bis*) et (20 *bis*) deviennent alors, en

y remplaçant S_r et T_r par les valeurs de S_1 et T_1 calculées ci-dessus, et δ_r par la portée L de la poutre :

$$\mu^{r-1}_{R\mu_e} = \mu^{0}_{R\mu_e} = \frac{2EI}{L}\left(-3\alpha^{0}_{R\mu_e} - \alpha^{1}_{R\mu_e} + \alpha^{0}_{R\mu_e}\right) = -\frac{2EI}{L}\left[2\alpha^{0}_{R\mu_e} + \alpha^{1}_{R\mu_e}\right]$$

$$\mu^{r}_{R\mu_e} = \mu^{1}_{R\mu_e} = \frac{2EI}{L}\left(2\alpha^{1}_{R\mu_e} - 2\alpha^{0}_{R\mu_e} + 3\alpha^{0}_{R\mu_e}\right) = \frac{2EI}{L}\left[\alpha^{0}_{R\mu_e} + 2\alpha^{1}_{R\mu_e}\right]$$

En se reportant à l'équation (11) et au n° 12, où il a déjà été traité de la poutre encastrée, on voit que $\frac{EI}{L}\alpha^{0}_{R\mu_e}$, et $\frac{EI}{L}\alpha^{1}_{R\mu_e}$ ne sont autres que les quantités que nous avons représentées par M et N ; de sorte, qu'en adoptant ces notations il vient :

$$\mu^{0}_{R\mu_e} = -(4M + 2N)$$
$$\mu^{1}_{R\mu_e} = +(4N + 2M)$$

Pour avoir les moments fléchissants effectifs aux extrémités de la poutre, il faut ajouter aux moments de réactions $\mu^{0}_{R\mu_e}$, $\mu^{1}_{R\mu_e}$, les valeurs des moments de charges aux extrémités, moments qui sont nuls ici : $\mu^{0}_{R\mu_e}$ et $\mu^{1}_{R\mu_e}$ sont donc précisément les moments fléchissants effectifs aux extrémités de la poutre encastrée.

Si l'on désigne, comme au n° 12, par μ_{e0}, μ_{e1}, les moments d'encastrements, on a :

$$\mu_{e0} = -\mu^{0}_{R\mu_e} = 4M + 2N$$
$$\mu_{e1} = +\mu^{1}_{R\mu_e} = 4N + 2M$$

Ces résultats sont les mêmes que ceux du n° 12.

Influence de la flexion des piles dans les cas où celles-ci sont assemblées avec la poutre d'une manière indéformable.

1. La section de la poutre est variable.

22. — Reprenons l'équation (*4 bis*) du n° 10 :

$$(4\,bis)\qquad \sum \alpha^{q}_{R_n} + \sum \alpha^{q}_{\mu_{em}} - \tau_{q1}\mu_{eq} = \alpha^{q} - \left(\sum \alpha^{q}_{P_i} + \sum \alpha^{q}_{\Delta P_k}\right).$$

dans laquelle :

$$\tau_q = -\int_{x'_q=0}^{x'_q=H_q} \frac{dx'_q}{\zeta_q}$$

Cette équation peut se traduire ainsi : Au sommet de chaque pile, la différence de l'inclinaison de réactions $\left(\sum \alpha^q_{R_n} + \sum \alpha^q_{\mu_{em}}\right)$ dans la poutre, et de l'inclinaison de réactions $\tau_q \mu_{eq}$, dans la pile, est égale à la différence de l'inclinaison initiale de l'encastrement et de l'inclinaison de charges dans la poutre.

En appliquant cet énoncé, avec les notations actuelles, au point A_r :

$$\alpha^r_{R\mu_e} - \tau_r \mu^r_e = \alpha^r - \left(\sum \alpha^r_{P_i} + \sum \alpha^r_{\Delta P_k}\right)$$

Or, nous avons vu au n° 19 que :

$$\mu^r_e = \mu^r_{R\mu_e} - \mu'^r_{R\mu_e}$$

D'où :

(11 *bis*) $$\alpha^r_{R\mu_e} - \tau_r\left(\mu^r_{R\mu_e} - \mu'^r_{R\mu_e}\right) = \alpha^r - \left(\sum \alpha^r_{P_i} + \sum \alpha^r_{\Delta P_k}\right)$$

Cette équation remplace ici l'équation (11) du n° 19. Quant aux équations (12), (13) et (14) du même n°, elles ne changent pas. Le système d'équations dont nous disposons est donc :

(11 *bis*) $$\alpha^r_{R\mu_e} - \tau_r\left(\mu^r_{R\mu_e} - \mu'^r_{R\mu_e}\right) = \alpha^r - \left(\sum \alpha^r_{P_i} + \sum \alpha^r_{\Delta P_k}\right)$$

(12) $$Y^r_{R\mu_e} = Y^r - \left(\sum y^r_{P_i} + \sum y^r_{\Delta P_k}\right)$$

(13) $$\alpha^r_{R\mu_e} - \alpha^{r-1}_{R\mu_e} = \varphi_r \mu'^{r-1}_{R\mu_e} + \psi_r\left(\mu^r_{R\mu_e} - \mu'^{r-1}_{R\mu_e}\right)$$

(14) $$Y^r_{R\mu_e} - Y^{r-1}_{R\mu_e} = \delta_r \alpha^{r-1}_{R\mu_e} + \delta_r \chi_r \mu'^{r-1}_{R\mu_e} + \delta_r \zeta_r\left(\mu^r_{R\mu} - \mu'^{r-1}_{R\mu_e}\right)$$

En adjoignant aux équations (11 *bis*) et (12), les équations de même forme relatives à la travée de rang $(r-1)$, puis, tirant des quatre équations ainsi formées les valeurs de $\alpha^{r-1}_{R\mu_e}$, $\alpha^r_{R\mu_e}$, $Y^{r-1}_{R\mu_e}$,

$Y^r_{R\mu_e}$, et enfin substituant dans (13) et (14), il vient, après réductions :

$$(a)\quad \tau_{r-1}\mu^{r-1}_{R\mu_e}+\left(\gamma_r-\tau_{r-1}-\zeta_r\right)\mu'^{r-1}_{R\mu_e}+\zeta_r\mu^r_{R\mu_e}= \qquad V_r,$$

$$(b)\quad \tau_{r-1}\mu^{r-1}_{R\mu_e}+\left(\varphi_r-\psi_r-\tau_{r-1}\right)\mu'^{r-1}_{R\mu_e}+\left(\psi_r-\tau_r\right)\mu^r_{R\mu_e}+\tau_r\mu'^r_{R\mu_e}=U_r.$$

où U_r et V_r ont pour valeurs :

$$U_r=\alpha^r-\left(\sum\alpha^r_{P_i}+\sum\alpha^r_{\Delta P_k}\right)-\alpha^{r-1}+\left(\sum\alpha^{r-1}_{P_i}+\sum\alpha^{r-1}_{\Delta P_k}\right)$$

$$V_r=\frac{Y^r-Y^{r-1}+\left(\sum y^{r-1}_{P_i}+\sum y^{r-1}_{\Delta P_k}\right)-\left(\sum y^r_{P_i}+\sum y^r_{\Delta P_k}\right)}{\delta_r}$$

$$-\alpha^{r-1}+\left(\sum\alpha^{r-1}_{P_i}+\sum\alpha^{r-1}_{\Delta P_k}\right),$$

et ne contiennent que des quantités connues, ou que l'on sait déterminer.

On peut remplacer les deux équations (*a*) et (*b*) par l'équation (*a*) et une équation obtenue en retranchant (*a*) et (*b*) membre à membre :

$$(21)\quad \tau_{r-1}\mu^{r-1}_{R\mu_e}+(\gamma_r-\zeta_r-\tau_{r-1})\mu'^{r-1}_{R\mu_e}+\zeta_r\mu^r_{R\mu_e}= \qquad V_r,$$

$$(22)\quad (\varphi_r-\psi_r-\gamma_r+\zeta_r)\mu'^{r-1}_{R\mu_e}+(\psi_r-\zeta_r-\tau_r)\mu^r_{R\mu_e}+\tau_r\mu'^r_{R\mu_e}=U_r-V_r.$$

(U_r-V_r) a d'ailleurs pour valeur :

$$U_r-V_r=\alpha^r-\left(\sum\alpha^r_{P_i}+\sum\alpha^r_{\Delta P_k}\right)$$

$$-\frac{Y^r-Y^{r-1}+\left(\sum y^{r-1}_{P_i}+\sum y^{r-1}_{\Delta P_k}\right)-\left(\sum y^r_{P_i}+\sum y^r_{\Delta P_k}\right)}{\delta_r}.$$

On écrira les équations (21) et (22) de proche en proche d'une extrémité à l'autre de la poutre, et on tirera du système ainsi obtenu les valeurs des moments de réactions sur chaque pile, en remarquant que, à gauche de la pile A_0 et à droite de la pile A_N, les moments de réactions sont nuls, c'est-à-dire que :

$$\mu'^0_{R\mu_e}=0 \qquad\qquad \mu'^N_{R\mu_e}=0$$

2. La section de la poutre est constante.

23. — Dans cette hypothèse, φ_r, ψ_r, χ_r, ζ_r, prennent les valeurs indiquées au n° 17, et les équations (21) et (22) deviennent dès lors :

(21 *bis*) $$\tau_{r-1}\mu^{r-1}_{R\mu_e}+\left(\frac{\delta_r}{3EI}-\tau_{r-1}\right)\mu'^{r-1}_{R\mu_e}+\frac{\delta_r}{6EI}\mu^{r}_{R\mu_e}=V_r$$

(22 *bis*) $$\frac{\delta_r}{6EI}\mu'^{r-1}_{R\mu_e}+\left(\frac{\delta_r}{3EI}-\tau_r\right)\mu^{r}_{R\mu_e}+\tau_r\mu'^{r}_{R\mu_e}\qquad=U_r-V_r.$$

V_r et U_r-V_r conservent les valeurs indiquées au n° précédent.

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE PREMIER

Détermination graphique des moments fléchissants développés par l'application de charges quelconques, dans une poutre continue reposant sur des appuis situés à des niveaux quelconques.

Sommaire : Rappel de quelques propriétés des polygones funiculaires. — Poutre continue de section constante reposant librement sur ses appuis. — Poutre continue de section variable reposant librement sur ses appuis. — Poutre continue, de section constante ou variable, encastrée sur ses appuis.

Rappel de quelques propriétés des polygones funiculaires.

24. — Les principes que nous allons rappeler brièvement sont démontrés tout au long dans le traité de statique graphique de notre savant professeur M. Maurice Lévy et dans le traité de construction de ponts du Dr Winckler.

Premier polygone funiculaire. — Étant donnée *(fig. 14)* une poutre droite reposant librement sur ses deux appuis A_0, A_N, soumise à l'action d'un certain nombre de charges P_0, P_1, P_2, P_3, P_4 (auxquelles pourraient, d'ailleurs, s'adjoindre des charges réparties), si l'on trace, — avec une distance polaire quelconque A, — un polygone des forces et un polygone funiculaire correspondant à ces charges; si, enfin, on mène la ligne qui joint les points d'intersection des côtés extrêmes du polygone funiculaire avec les verticales des appuis A_0, A_N (ligne que l'on appelle ordinairement *ligne de fermeture)* :

I. *En un point* M *quelconque de la poutre* (*), *le moment fléchissant est égal au produit de la distance polaire* A (mesurée à l'échelle des

(*) Voir *Statique graphique*, par M. Lévy. — Voir aussi l'Annexe II.

forces), *par la portion de verticale* QR (mesurée à l'échelle des longueurs), *menée en ce point, comprise entre le polygone funiculaire et la ligne de fermeture..*

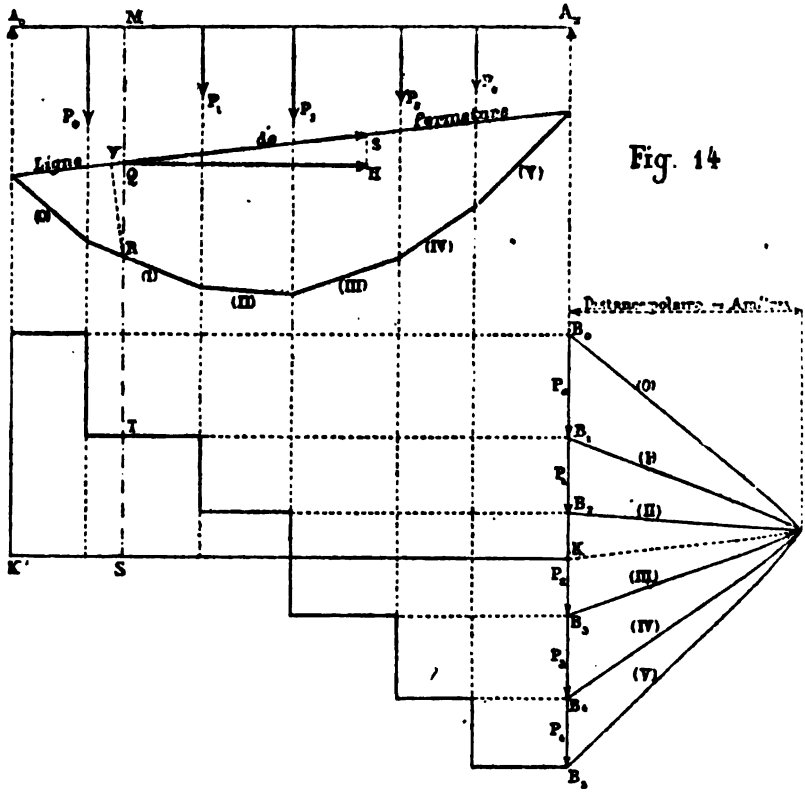


Fig. 14

C'est-à-dire que si $\left(\frac{1}{l}\right)$ est l'échelle de réduction des longueurs, et si (f) kilogrammes est la force représentée sur l'épure par 1 mètre, on a :

$$\mu_M = Af(QR)l = [QR]Afl;$$

d'où il résulte que (QR) représente le moment μ_M, au point M à l'échelle de $\left(\frac{1}{Afl}\right)$.

II. *Si l'on mène, dans le polygone des forces, un rayon parallèle à la ligne de fermeture, cette parallèle et les rayons extrêmes du polygone des forces interceptent, sur la ligne des charges* B_0 B_5, *deux segments* KB_0, B_5K, *qui représentent* (à l'échelle des forces) *les réactions des appuis* A_0, A_N.

III. *L'effort tranchant en un point quelconque est représenté* (à l'échelle des forces) *par la portion de la ligne des charges comprise entre le rayon du polygone des forces parallèle à la ligne de fermeture, et le rayon du polygone des forces parallèle au côté du polygone funiculaire correspondant au point considéré.*

Exemple : Au point M correspond le côté (I) ; l'effort tranchant en M est représenté par B_1K ; d'où l'on conclut que si l'on prend la droite KK' pour axe des x, le diagramme des efforts tranchants est celui qu'indique la figure.

25. — LIGNE MOYENNE FLÉCHIE (*). — Imaginons que l'on considère, en chaque élément de longueur dx de la poutre, une charge fictive $\frac{\mu}{EI}dx$, μ étant le moment fléchissant correspondant à l'abscisse de l'élément dx, et qu'avec une distance polaire B, on trace le polygone des forces, et la courbure funiculaire correspondant à ces charges élémentaires $\frac{\mu}{EI}dx$ *(fig. 15)* ; M. Mohr a démontré que :

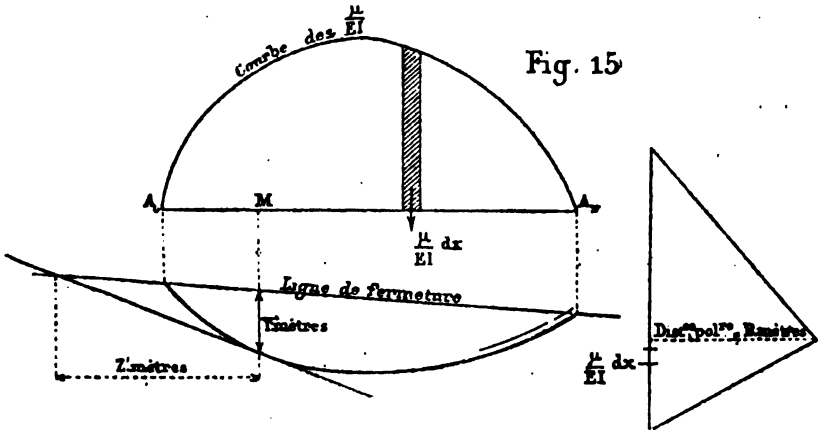


Fig. 15

I. *En chaque point, le produit de la portion de verticale comprise entre la courbe funiculaire et la ligne de fermeture par la distance polaire* B, *est égal à l'ordonnée de la ligne moyenne fléchie au point considéré* (la flexion étant produite par les charges qui donnent naissance aux moments μ), *à la condition toutefois de lire la portion de*

(*) Voir, à la fin, l'Annexe III.

verticale à l'échelle des longueurs, et la distance polaire à l'échelle des valeurs de $\frac{\mu}{EI}dx$.

Cet énoncé donne lieu aux remarques suivantes :

Remarque I. — Soient :

$\frac{1}{l}$ l'échelle de réduction des longueurs ;

$\frac{1}{m}$ id. id. moments fléchissants ;

$\frac{1}{e}$ id. id. coëfficients d'élasticité ;

$\frac{1}{i}$ id. id. moments d'inertie ;

B la distance polaire mesurée en mètres sur l'épure même ;

y la portion de verticale d'un point M quelconque, comprise entre la courbe funiculaire et la ligne de fermeture, portion de verticale lue en mètres sur l'épure même.

L'échelle des $\frac{\mu}{EI}dx$ est dès lors : $\frac{1}{\left(\frac{ml}{ei}\right)}$, et il résulte de l'énoncé précédent que l'ordonnée y au point M a pour valeur :

$$y = y' l \mathrm{B} \frac{ml}{ei} = y' \frac{\mathrm{B} l^2 m}{ei} ;$$

y' représente donc l'ordonnée y à l'échelle de $\frac{1}{\left(\frac{\mathrm{B}l^2m}{ei}\right)}$.

Remarque II. — Si, au lieu de construire la courbe funiculaire en partant de charges élémentaires $\frac{\mu}{EI}dx$, — c'est-à-dire en prenant pour *surface de chargement* l'aire limitée par la courbe représentant les valeurs de $\frac{\mu}{EI}$, — on construit la courbe funiculaire en partant de charges $\frac{\mu}{I}dx$: les lignes qui, sur l'épure, représentaient les charges $\frac{\mu}{EI}dx$ dans le polygone des forces, sont multipliées par

$\left(\frac{E}{e}\right)$; d'où il suit que, sur l'épure également, les valeurs de y sont multipliées par $\left(\frac{E}{e}\right)$; on en conclut que y sera donné par :

$$y = y' \frac{e}{E} \frac{Bl^2m}{ei} = y' \frac{Bl^2m}{Ei};$$

y' représente donc y à l'échelle de $\frac{1}{\left(\frac{Bl^2m}{Ei}\right)}$.

Remarque III. — Au lieu de construire la courbe funiculaire avec l'aire de la courbe des $\frac{\mu}{I}$ comme *surface de chargement*, on peut construire cette courbe en partant de l'aire de la courbe des $\frac{\mu}{I\Delta}$ (où Δ est une longueur arbitraire que nous fixerons cependant plus tard) ; — cette nouvelle manière de procéder équivaut à diviser, sur l'épure, les longueurs qui représentaient les charges $\frac{\mu}{I} dx$ par $\frac{\Delta}{l}$; d'où l'on tire comme précédemment :

$$y = y' \frac{\Delta}{l} \frac{Bl^2m}{Ei} = y' \frac{\Delta Blm}{Ei};$$

y représente y à l'échelle de $\frac{1}{\left(\frac{\Delta Blm}{Ei}\right)}$.

Remarque IV. — Dans le cas où la section de la poutre est constante, on peut prendre pour charges fictives $\frac{\mu}{\Delta} dx$, au lieu de $\frac{\mu}{I\Delta} dx$; cette façon d'opérer équivaut à multiplier les longueurs qui représentaient, sur l'épure, les valeurs de $\frac{\mu}{I\Delta} dx$ par $\left(\frac{I}{i}\right)$; et les valeurs de y' sont également multipliées par ce facteur; d'où :

$$y = y' \frac{i}{I} \frac{\Delta Blm}{Ei} = y' \frac{\Delta Blm}{EI};$$

l'échelle des y est donc ici $\frac{1}{\left(\frac{\Delta Blm}{EI}\right)}$.

Ces remarques, un peu longues peut-être, étaient nécessaires, eu égard à l'importance des échelles dans les calculs graphiques.

II. *En chaque point, le produit de l'inclinaison sur la ligne de fermeture de la tangente à la courbe funiculaire par la distance polaire* (cette distance étant toujours mesurée à l'échelle des $\frac{\mu}{EI}\,dx$) *est égal à l'inclinaison sur l'horizontale de la tangente à la ligne moyenne fléchie.*

Il faut entendre par inclinaison de la tangente, en M, par exemple *(fig. 15)*, sur la ligne de fermeture, le quotient $\frac{y'}{z'}$ de l'ordonnée y' de la courbe funiculaire en M, par la distance horizontale z' de ce point M au point d'intersection de la tangente à la funiculaire en M, avec la ligne de fermeture, soit : $\frac{y'}{z'} = \alpha'$.

L'inclinaison α de la tangente à la ligne moyenne fléchie sur l'horizontale est donnée par $\alpha = \frac{y}{z}$, où z est la distance horizontale du point M au point d'intersection de la tangente à la ligne moyenne avec l'axe horizontal de la poutre avant déformation ; on a vu que *si l'on prend la courbe des* $\frac{\mu}{EI}$ *comme surface de chargement*, $y = y'\frac{Bl^2m}{ei}$; or, z étant une longueur, $z = z'l$;

d'où : $$\alpha = \frac{y}{z} = \frac{y'}{z'}\frac{Blm}{ei} = \alpha'\frac{Blm}{ei};$$

$\alpha' = \frac{y'}{z'}$ représente donc α à l'échelle de $\frac{1}{\left(\frac{Blm}{ei}\right)}$.

De même :

Si l'on prend la courbe des $\frac{\mu}{I}$ *comme surf. de charg*^{t}, $\alpha = \alpha'\frac{Blm}{Ei}$;

α' représente α à l'échelle de $\frac{1}{\left(\frac{Blm}{Ei}\right)}$.

Si l'on prend la courbe des $\frac{\mu}{I\Delta}$ *comme surf. de charg*^{t}, $\alpha = \alpha'\frac{\Delta Bm}{Ei}$;

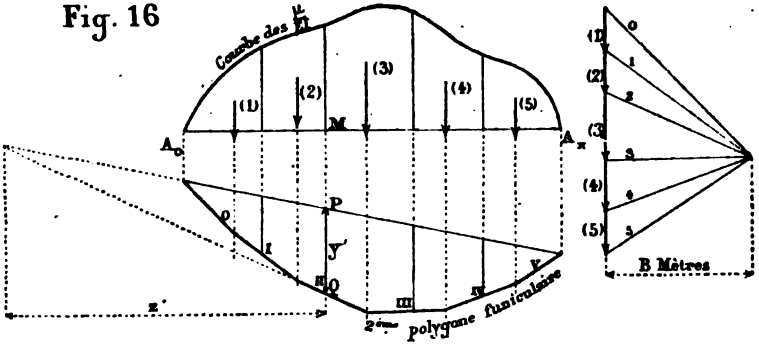
α' représente α à l'échelle de $\dfrac{1}{\left(\dfrac{\Delta Bm}{EI}\right)}$.

Si l'on prend la courbe des $\dfrac{\mu}{\Delta}$ *comme surf. de charg*^{t}, $\alpha = \alpha' \dfrac{\Delta Bm}{EI}$;

α' représente α à l'échelle de $\dfrac{1}{\left(\dfrac{\Delta Bm}{EI}\right)}$.

26. — DEUXIÈME POLYGONE FUNICULAIRE. — Si, au lieu de tracer le polygone des forces et la courbe funiculaire au moyen des charges élémentaires $\dfrac{\mu}{EI}\,dx$, on décompose d'abord la surface de chargement en plusieurs segments par des verticales *(fig. 16)*, et

Fig. 16



qu'à l'aide de forces égales aux aires de ces segments, supposées appliquées aux centres de gravité de ces mêmes segments, on trace un polygone des forces et un polygone funiculaire (la figure 16 montre le tracé de ce polygone funiculaire que l'on appelle *deuxième polygone funiculaire*, pour le distinguer de celui du n° 24) :

I. *Les ordonnées des points de la ligne moyenne fléchie, situés sur les verticales qui divisent la surface de chargement, sont égales aux produits des portions de ces verticales comprises entre le polygone funiculaire et sa ligne de fermeture* (ces verticales étant mesurées à l'échelle des longueurs) *par la distance polaire choisie* (cette distance polaire étant toujours évaluée à l'échelle des $\dfrac{\mu}{EI}\,dx$).

Exemple : L'ordonnée de la ligne moyenne fléchie au point M est

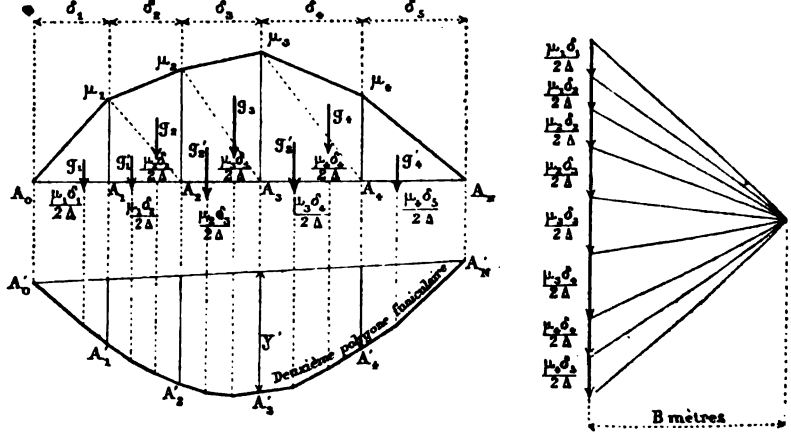
égale au produit de PQ mesuré à l'échelle des longueurs par la distance polaire B mesurée à l'échelle des $\frac{\mu}{EI}\,dx$.

II. *Les inclinaisons avec l'horizontale des tangentes aux points de la ligne moyenne fléchie situés sur les verticales qui divisent la surface de chargement, sont égales aux produits des inclinaisons, sur la ligne de fermeture, des côtés du polygone funiculaire qui passent en ces points, par la distance polaire.* (Cette distance polaire étant mesurée comme il a été dit précédemment, et l'inclinaison des côtés du polygone funiculaire évaluée toujours par le rapport $\frac{y'}{z}$.)

III. *Les deux principes précédents sont encore vrais si on divise les segments définis plus haut en un nombre quelconque de parties par des lignes quelconques, et si on applique aux centres de gravité de ces parties des charges égales à leurs superficies respectives.*

Par exemple : Si le diagramme des moments est un polygone à côtés rectilignes (cas des charges distinctes), et si la section de la poutre est constante, une décomposition que l'on peut adopter et que nous retrouverons plus loin est la suivante : soient μ_1, μ_2, μ_3..... les moments correspondant aux sommets du polygone ; on prend comme

Fig. 17



surface de chargement l'aire limitée par le diagramme des moments, et on tire, — ainsi que l'indique la figure 17, — une des diagonales de chacun des trapèzes du diagramme : la figure est ainsi décomposée en triangles aux centres de gravité desquels on applique des efforts ver-

ticaux $\frac{\mu_1\delta_1}{2\Delta}$, $\frac{\mu_1\delta_2}{2\Delta}$, $\frac{\mu_2\delta_2}{2\Delta}$ · · · · proportionnels à leurs aires respectives. (Δ est une longueur quelconque.) Le polygone funiculaire correspondant donne les ordonnées de la ligne moyenne fléchie aux points A_1, A_2, A_3..... à l'échelle de $\frac{1}{\left(\frac{\Delta B l m}{EI}\right)}$, — et les inclinaisons en ces mêmes points, à l'échelle de $\frac{1}{\left(\frac{\Delta B m}{EI}\right)}$.

Il faut remarquer que les verticales des centres de gravité des triangles de décomposition divisent chaque intervalle A_0A_1, A_1A_2, A_2A_3..... en trois parties égales; on leur donne le nom de *verticales trisectrices*.

Nota. — Tout ce qui a été dit au n° 25, au sujet des échelles, s'applique encore ici.

Poutre continue de section constante reposant librement sur ses appuis.

27. — Il convient de rappeler d'abord les trois principes suivants. *(Voir n^os 4 et 14.)*

En chaque point de la ligne moyenne fléchie de la poutre continue :

I. *Le moment fléchissant effectif* μ *est égal à la somme algébrique du moment de charges* μ_P *et du moment de réactions* μ_R : $\mu = \mu_P + \mu_R$.

II. *L'inclinaison effective de la ligne moyenne est égale à la somme algébrique de l'inclinaison de charges et de l'inclinaison de réactions :* $\alpha = \alpha_P + \alpha_R$.

III. *L'ordonnée effective est égale à la somme algébrique de l'ordonnée de charges et de l'ordonnée de réactions :* $y = y_P + y_R$.

28. — Nous pouvons aisément déterminer, en chaque point, *le moment de charges* μ_P, d'après la construction indiquée au n° 24, c'est-à-dire en formant un polygone funiculaire correspondant aux charges données.

Il reste donc, pour connaître le *moment fléchissant effectif* en chaque point, à déterminer, également en chaque point, le *moment de réactions*.

A cet effet, nous allons étudier les déformations de la poutre.

29. — Nous construirons d'abord, à l'aide de la surface limitée par la courbe des moments de charges comme surface de chargement, le *deuxième polygone funiculaire défini au n° 26*, en prenant pour verticales décomposant la surface du chargement, les verticales des appuis, et pour efforts, dans le polygone des forces, les valeurs des quotients des aires de décomposition (*) par une longueur Δ, que nous nous donnons arbitrairement. C'est-à-dire que nous transformons les aires de décomposition en des rectangles de même base Δ, et qu'au lieu de prendre les aires comme forces, nous prenons les hauteurs des rectangles, qui leur sont proportionnelles.

Dans ces conditions, — d'après le n° 26 et le n° 25, rem. IV, — les portions de verticales des appuis, comprises entre le *deuxième polygone funiculaire* et sa ligne de fermeture, représentent, à l'échelle de $\frac{1}{\left(\frac{\Delta B l m}{EI}\right)}$, les *ordonnées de charges* aux appuis intermédiaires ; et les inclinaisons des côtés du polygone funiculaire sur la ligne de fermeture représentent les *inclinaisons de charges* à l'échelle de $\frac{1}{\left(\frac{\Delta B m}{EI}\right)}$. Nous donnerons à ce polygone funiculaire le nom de *deuxième polygone funiculaire des charges*.

30. — En résumé, nous venons de déterminer trois éléments :

1° Le moment de charges en chaque point;

2° L'inclinaison de charges en tous les points d'appuis ;

3° L'ordonnée de charges en chaque appui intermédiaire.

D'autre part, nous connaissons, — comme étant une donnée du problème, — l'*ordonnée définitive en chaque appui intermédiaire.*

Or, on sait que l'ordonnée définitive en un point est égale à la somme algébrique de l'ordonnée de charges et de l'ordonnée de réactions. Il en résulte que nous avons facilement la valeur de l'ordonnée de réactions, en chaque appui, comme différence entre l'ordonnée définitive et l'ordonnée de charges (**).

(*) Les aires de décomposition peuvent elles-mêmes être décomposées d'une manière quelconque en plusieurs parties (n° 26).

(**) Dans le cas où les appuis sont de niveau, l'ordonnée définitive est nulle:

Il est évident que, pour effectuer cette différence, il faut avoir soin de prendre, pour échelle des ordonnées définitives, celle à laquelle, sur l'épure, sont déterminées les ordonnées de charges; — c'est-à-dire l'échelle de $\frac{1}{\frac{\Delta B l m}{EI}}$.

31. — Le problème se pose maintenant ainsi :

Étant données les ordonnées prises par la ligne moyenne fléchie d'une poutre, aux points d'application d'un certain nombre de forces inconnues (réactions), on demande de déterminer quelles sont les intensités de ces forces, ou plutôt quels sont, en tous les points de la poutre, les moments fléchissants engendrés par ces forces (moments de réactions).

On sait que le diagramme des moments de ces efforts, qui sont des efforts distincts, est un polygone dont les sommets se trouvent sur les verticales des points d'application A_1, A_2..... A_{N-2}, A_{N-1} de ces efforts ; il suffit donc, pour connaître le diagramme en entier, dedéterminer les moments en ces points A_1, A_2..... A_{N-2}, A_{N-1}, c'est-à-dire μ_R^1, μ_R^2..... μ_R^{N-2}, μ_R^{N-1}.

Sur une épure *(fig. 18)* indiquons au-dessus ou au-dessous de la ligne A_0A_N, suivant leurs signes, les ordonnées de réactions dont nous avons fait connaître précédemment la construction, ce qui donne une série de points A'_1, A'_2, A'_3 .... A'_{N-1} de la ligne moyenne fléchie.

Supposons, pour un instant, que les moments μ_R^1, μ_R^2, μ_R^3..... μ_R^{N-1} soient connus et que le diagramme de ces moments ait été tracé. D'après ce qui a été dit au n° 26-III, il suffit, pour déterminer les ordonnées de réactions, aux points A_1, A_2 A_3..... A_{N-1} de tracer un polygone funiculaire en partant de forces égales à $\frac{\mu_{R\,1}^1}{2\Delta}$, $\frac{\mu_R^1 \delta_2}{2\Delta}$, $\frac{\mu_R^2 \delta_2}{2\Delta}$, $\frac{\mu_R^2 \delta_3}{2\Delta}$ ..... appliquées suivant les *verticales trisectrices* des intervales A_0A_1, A_1A_2, A_2A_3..... ; et les ordonnées cherchées sont,—à l'échelle de $\frac{1}{\frac{\Delta B l m}{EI}}$,

l'ordonnée de réactions est dès lors égale et de signe contraire à l'ordonnée de charges.

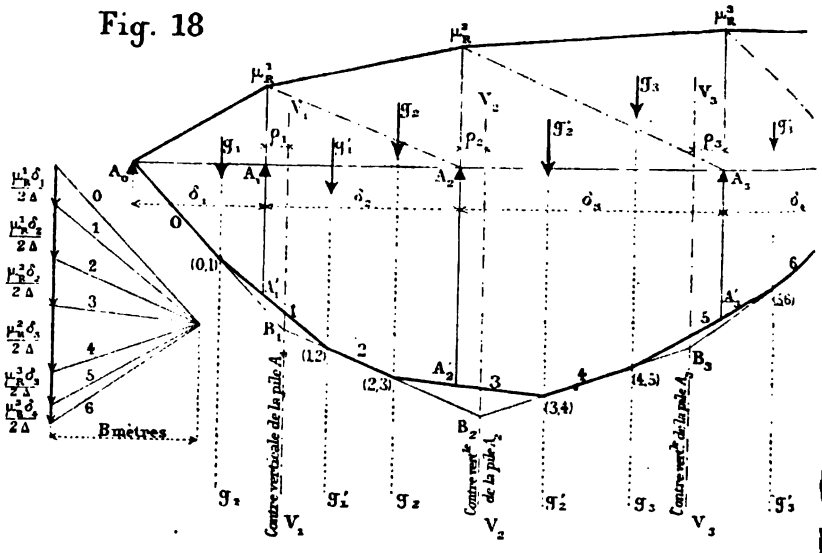
— les segments interceptés sur les verticales des points A_1, A_2, A_3..... A_{N-1} par les côtés de rang impair du polygone funiculaire et la ligne de fermeture de ce polygone (*).

Or, ce sont ces segments, ces ordonnées que nous connaissons : *Si donc, en partant de ces segments, nous pouvons reconstituer le deuxième polygone funiculaire des réactions, le problème sera résolu,* car on remontera aisément de ce polygone au polygone des forces correspondant, et ces forces ont précisément pour intensités $\frac{\mu_R^1 \delta_1}{2\Delta}$, $\frac{\mu_R^1 \delta_2}{2\Delta}$, $\frac{\mu_R^2 \delta_2}{2\Delta}$....., valeurs d'où l'on tirera aisément μ_R^1, μ_R^2, μ_R^3.....

Examinons de plus près le deuxième polygone funiculaire des réactions : il jouit des deux propriétés suivantes :

32. — I. Contre-verticales sur piles. — *Les côtés de rang pair du deuxième polygone funiculaire des réactions se coupent deux à deux sur les contre-verticales sur piles.*

Fig. 18



Considérons les côtés 2 et 4, par exemple (fig. 18); prolongeons les jusqu'à leur intersection B_2. On sait que le point d'intersection

(*) Nous appellerons ce polygone funiculaire : *deuxième polygone funiculaire des réactions;* le diagramme des moments de réactions sera le *premier polygone funiculaire des réactions.* Ces expressions sont les mêmes que celles adoptées déjà pour les charges.

de deux côtés d'un polygone funiculaire appartient à la résultante des forces comprises entre ces côtés. — B_2 est donc un point de la résultante $\left[\frac{\mu_R^2\delta_2+\mu_R^2\delta_3}{2\Delta}\right]$ des forces $\frac{\mu_R^2\delta_2}{2\Delta}$ et $\frac{\mu_R^2\delta_3}{2\Delta}$, qui sont dirigées suivant les verticales trisectrices g_2g_2, $g'_2g'_2$, voisines de la pile A_2. En prenant les moments autour du point A_2, il vient :

$$-\frac{\mu_R^2\delta_2}{2\Delta}\frac{\delta_2}{3}+\frac{\mu_R^2\delta_3}{2\Delta}\frac{\delta_3}{3}=\frac{\mu_R^2\delta_2+\mu_R^2\delta_3}{2\Delta}\rho_2;$$

d'où :

$$\rho_2=\frac{\delta_3-\delta_2}{3}.$$

C'est la verticale V_2V_2, d'abscisse ρ_2 relativement au point A_2, que nous appellerons *contre-verticale sur la pile* A_2. La position de cette verticale est indépendante des valeurs de μ_R^1, μ_R^2..... Donc, quel que soit le système de valeurs de μ_R^1, μ_R^2, μ_R^3....., qui ait servi à tracer le *deuxième polygone funiculaire des réactions*, les côtés de rang pair de ce polygone se coupent deux à deux sur les *contre-verticales sur piles*.

33. — II. Points fixes. — *Dans des polygones funiculaires différents, — tracés en partant d'une direction arbitraire du côté* 0, *— dont les côtés de rang pair satisfont au théorème précédent, dont les côtés* 0,1,3,5..... *sont assujettis à passer par des points donnés* A_0, A'_1, A'_2, A'_3..... A'_{N-1}, *et dont le dernier côté n'est pas astreint à passer par* A_N, *les côtés de rang pair correspondants passent par un point fixe.*

Traçons un de ces polygones (*fig. 19*). A cet effet, menons d'abord toutes les contre-verticales sur piles, et toutes les verticales trisectrices. Mettons également en place les points A'_1, A'_2, A'_3..... par où doivent passer les côtés de rang impair 1, 3, 5.....

Cela posé, nous donnons par hypothèse une direction quelconque au côté 0 qui passe par A_0; le côté 0 rencontre la première verticale trisectrice g_1g_1 en un point (0, 1) appartenant au côté 1, qui dès lors est déterminé par les points (0, 1) et A'_1. Le côté 1 rencontre la deuxième verticale trisectrice $g'_1g'_1$ en un point (1, 2) appartenant au côté 2; — d'ailleurs, d'après le théorème précédent, les côtés 0 et 2 se coupent sur la contre-verticale V_1V_1 de la pile A_1, en un point B_1 qui s'obtient en prolongeant 0 jusqu'à V_1V_1; — le côte 2 est donc

déterminé par (1, 2) et B_1. Ce côté 2 coupe en (2, 3) la troisième verticale trisectrice, ce qui fait connaître un point de 3; mais 3 doit passer par A'_2; il est donc défini de position par (2, 3) et A'_2.

On continuera ainsi, de proche en proche, la construction des côtés, en se basant toujours sur ce que les côtés de rang pair se coupent sur les contre-verticales sur piles, et que les côtés de rang impair sont assujettis à passer par les points A'_1, A'_2, A'_3.... Le dernier côté du polygone ne passera pas par le point A_N, puisque le premier côté 0 a été mené dans une direction arbitraire.

Revenons maintenant au commencement de ce tracé :

Considérons le triangle [(0, 1) (1, 2) B_1] : quelle que soit la direction donnée au côté (0, 1) B_1, c'est-à-dire au côté 0 : 1° les trois sommets (0, 1), (1, 2), B_1, sont astreints à se trouver sur trois droites déterminées qui sont les deux premières verticales trisectrices et la contre-verticale de la pile A_1; 2° les côtés 0 et 1 sont assujettis à passer par des points donnés A_0 et A'_1.

De la première de ces conditions il résulte que, si, partant de A_0, on donne au côté 0 des directions différentes, les triangles tels que [(0, 1), (1, 2) B_1], correspondant à ces directions, sont perspectifs *(sommets correspondants situés sur trois droites concourantes; ici le point de concours est à l'infini)*; donc, d'après un théorème connu, les points d'intersection des côtés correspondants de ces triangles sont en ligne droite.

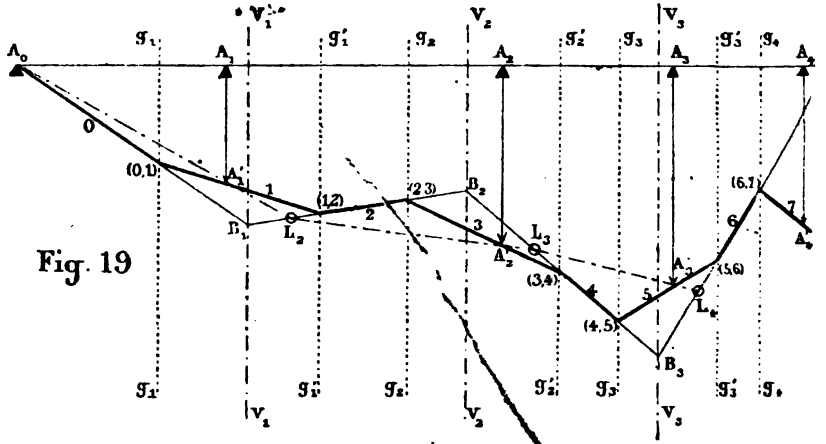


Fig. 19

Or, d'après la deuxième condition, nous connaissons déjà deux de ces points d'intersection qui sont A_0 et A'_1, car les côtés 0 et 1 des différents triangles doivent passer tous par ces points.

Donc, le troisième point d'intersection L_2 s'obtient en tirant $A_0A'_1$ et prolongeant jusqu'au côté (1, 2) B_1 ; et le point L_2 est fixe de position quand on fait varier la direction du côté 0.

Le même raisonnement s'applique au triangle [(2, 3), (3, 4) B_2], dont les côtés 2 et 3 passent constamment par les points L_2 et A'_2 ; le troisième côté passe donc constamment par un point fixe L_3.

En résumé, *les côtés de rang pair passent par des points fixes* L_2, L_3, L_4 *etc., faciles à déterminer en traçant un polygone funiculaire d'essai, en partant de* A_0.

On remarque maintenant que ce qui vient d'être dit, pour les polygones funiculaires tracés en partant du point A_0, est vrai pour les polygones funiculaires que l'on tracerait en partant du point A_N. D'où l'on conclut à l'existence d'une deuxième série de points fixes L'_{N-1}, L'_{N-2}....., L'_2, L'_1 par lesquels doivent passer les côtés de rang pair des polygones funiculaires ayant pour origine le point A_N.

Finalement on voit que :

1° Les côtés de rang pair des polygones funiculaires, dont le premier côté passe par A_0, passent par des points fixes L_2, L_3, L_4....., L_{N-1}, L_N.

2° Les côtés de rang pair des polygones funiculaires, dont le premier côté passe par A_N, passent par des points fixes L'_{N-1}....., L'_1.

Donc :

Les côtés de rang pair du polygone funiculaire cherché (dont les côtés extrêmes passent par A_0 et A_N) *sont déterminés par les couples de points fixes* (L_2, L'_2). (L_3, L'_3)....., (L_{N-1}, L'_{N-1}).

Quant aux côtés extrêmes, ils sont déterminés par les couples de points fixes (A_0, L'_1) et (A_N, L_N).

Nota. — Nous donnons toujours aux verticales trisectrices et aux contre-verticales sur piles le n° de la pile voisine; tandis que les points fixes portent le n° de la travée qui les renferme.

34. — Les propriétés que nous venons de démontrer suffisent pour tracer le *deuxième polygone funiculaire des réactions*. La marche à suivre sera en résumé la suivante :

1° Mettre en place sur l'épure les points A'_1, A'_2, A'_3....., A'_{N-1},

comme il a été dit au n° 31 ; tracer les verticales trisectrices et les contre-verticales sur piles.

2. Déterminer les couples de points fixes conjugués, définis au n° 33, en traçant un polygone funiculaire d'essai partant de A_0 avec une direction arbitraire pour son côté 0, et un polygone funiculaire d'essai partant de A_N avec une direction arbitraire pour son côté n.

3° Joindre les points fixes conjugués, deux à deux, ce qui met en place sur l'épure les côtés de rang pair et les côtés extrêmes (Vérification : les prolongements de ces côtés doivent se couper sur les contre-verticales sur piles.)

4° Tracer chaque côté de rang impair en joignant les points d'intersection des deux côtés de rang pair adjacents à ce côté avec les verticales trisectrices qui comprennent ce même côté. (Vérification : Les côtés de rang impair doivent passer par les points A'_1, A'_2, A'_3....., A'_{N-1}). Exemple : 3 est déterminé par les points d'intersection (2, 3), (3, 4) des côtés de rang pair 2 et 4 avec les verticales trisectrices g_2g_2, $g'_2g'_2$.

35. — Si maintenant, — conformément à ce qui a été dit au n° 31, — nous remontons du deuxième polygone funiculaire des réactions au polygone des forces correspondant, ces forces auront précisément pour valeurs $\frac{\mu_R^1\delta_1}{2\Delta}, \frac{\mu_R^1\delta_2}{2\Delta}, \frac{\mu_R^2\delta_2}{2\Delta}, \frac{\mu_R^2\delta_3}{2\Delta}\ldots\ldots, \frac{\mu_R^{N-1}\delta_{N-1}}{2\Delta}, \frac{\mu_R^{N-1}\delta_N}{2\Delta}$.

A cet effet, il suffira de mener, par un pôle quelconque, des rayons parallèles aux côtés du deuxième polygone funiculaire des réactions, et de couper ces rayons par une verticale située à une distance du pôle égale à la distance polaire B admise dans le tracé du deuxième polygone funiculaire des charges : les segments interceptés sur cette verticale par les rayons sont égaux à $\frac{\mu_R^1\delta_1}{2\Delta}, \frac{\mu_R^1\delta_2}{2\Delta}, \frac{\mu_R^2\delta_2}{2\Delta}, \frac{\mu_R^2\delta_3}{2\Delta}\ldots\ldots$, $\frac{\mu_R^{N-1}\delta_{N-1}}{2\Delta}, \frac{\mu_R^{N-1}\delta_N}{2\Delta}$.

On remarque que le tracé des côtés de rang impair du deuxième polygone funiculaire des réactions est inutile, puisqu'à l'examen de ce deuxième polygone funiculaire et du polygone des forces correspondant, on reconnaît que les rayons du polygone des forces, parallèles aux côtés extrêmes et aux côtés de rang pair du deuxième polygone

funiculaire, interceptent, sur la verticale des forces, les quantités $\mu_R^1 \frac{\delta_1+\delta_2}{2\Delta}$, $\mu_R^2 \frac{\delta_2+\delta_3}{2\Delta}$..... $\mu_R^{N-1} \frac{\delta_{N-1}+\delta_N}{2\Delta}$. On peut donc se contenter de mener les côtés de rang pair et les côtés extrêmes du deuxième polygone funiculaire des réactions, et conserver la construction des côtés de rang impair comme une vérification de l'épure.

Des valeurs de $\mu_R^1 \frac{\delta_1+\delta_2}{2\Delta}$, $\mu_R^2 \frac{\delta_2+\delta_3}{2\Delta}$..... $\mu_R^{N-1} \frac{\delta_{N-1}+\delta_N}{2\Delta}$, on tire, par des quatrièmes proportionnelles, μ_R^1, μ_R^2....., μ_R^{N-1}, qui permettent de tracer le diagramme des moments de réactions.

Nota. — Dans le cas où plusieurs travées seraient égales entre elles, il sera avantageux de donner à Δ la valeur de la longueur δ de ces travées, car si l'on considère deux travées consécutives δ_p, δ_{p+1}, parmi ces travées égales, on aura : $\mu_R^p \frac{\delta_p+\delta_{p+1}}{2\delta} = \mu_R^p \frac{\delta+\delta}{2\delta} = \mu_R^p$.

μ_R^p se lira donc directement sur la verticale des forces, et il en sera de même pour tous les moments de réaction sur les piles adjacentes à deux travées égales à δ.

Dans le cas où toutes les travées seraient inégales, on pourra prendre pour Δ la valeur de la moyenne arithmétique des longueurs de deux travées consécutives, ou de la moyenne arithmétique des longueurs de toutes les travées, ou une quantité s'en rapprochant.

Finalement, on cumulera les valeurs des moments de réactions avec celles des moments de charges, et on aura les moments définitifs en chaque point.

36. — En résumé, la série des constructions à effectuer pour déterminer les moments fléchissants, dans une poutre continue, est la suivante :

1° Tracer le *premier polygone funiculaire des charges*. (Moments de charges. — Voir n° 28.)

2° En déduire le *deuxième polygone funiculaire des charges*, c'est-à-dire les ordonnées de charges aux points A_1, A_2....., A_{N-1}. (N° 29)

3° Tirer de là, par différence entre les ordonnées définitives données, et les ordonnées de charges, les valeurs des *ordonnées de réactions en ces mêmes points*. (N° 30.)

4° Tracer, au moyen de ces ordonnées de réactions, le *deuxième polygone funiculaire des réactions* (n° 34), et remonter, de ce polygone funiculaire, aux valeurs des moments de réactions sur piles. (N° 35).

5° Cumuler, en tenant compte de leurs signes, les moments de charges et les moments de réactions, ce qui donne les moments définitifs. (N° 35.)

37. — REMARQUES SUR LES POINTS FIXES ET LE TRACÉ DU DEUXIÈME POLYGONE FUNICULAIRE DES RÉACTIONS.

Pour une même poutre, lorsque la charge change d'intensité et de position — c'est-à-dire lorsque les ordonnées de charges, et par suite les ordonnées de réactions $A_1A'_1$, $A_2A'_2$, $A_3A'_3$....., $A_{N-1}A'_{N-1}$, *varient,* — *les points fixes* L_2, L_3, L_4..... L_N; L'_1, L'_2....., L'_{N-1}, *se déplacent sur des verticales.*

Pour le démontrer, il suffit de faire voir que l'abscisse du point L_2 est indépendante de l'ordonnée de A'_1; que l'abscisse de L_3 est indépendante de l'ordonnée de A'_2 et de celle de L_2, etc.....

A cet effet, reprenons la figure du n° 33, et traçons, en partant de A_0, un deuxième polygone funiculaire d'essai analogue à celui déjà tracé.

Pour distinguer l'un de l'autre ces deux polygones funiculaires, adoptons, pour l'un, des lettres majuscules et des chiffres arabes; pour l'autre, des lettres minuscules et des chiffres romains. (*Pl. 105, fig. 20.*)

Cela posé, on a :

$$\frac{(1,2)\,(I,II)}{(0,1)\,(0,I)} = a,$$ constante indépendante de l'ordonnée de A'_1;

$$\frac{(0,1)\,(0,I)}{B_1b_1} = b,$$ constante indépendante de l'ordonnée de A'_1;

Multipliant membre à membre :

$$\frac{(1,2)\,(I,II)}{B_1b_1} = ab.$$

Le rapport de ces deux lignes étant indépendant de l'ordonnée de A'_1, l'abscisse de L_2 est elle-même indépendante de l'ordonnée de A'_1. Le lieu décrit par L_2, quand A'_1 se meut verticalement, est donc une verticale.

On a de même :

$$\left.\begin{array}{l}\dfrac{(3,4)\,(III,IV)}{(2,3)\,(II,III)} = a' \\ \dfrac{(2,3)\,(II,III)}{B_2 b_2} = b'\end{array}\right\}$$ où a' et b' restent constantes, quand L_2 et A'_2 se déplacent verticalement.

Et en multipliant membre à membre

$$\frac{(3,4)\,(III,IV)}{B_2 b_2} = a'b'.$$

Ce rapport est donc indépendant des ordonnées de L_1 et de A'_2. D'où l'on conclut, comme précédemment, que, lorsque L_2 et A'_2 se déplacent sur des verticales, L_3 décrit aussi une verticale.

On démontrerait de même que les lieux décrits par tous les autres points fixes sont des verticales, quand les points A'_1, A_2,. ... A'_{N-1} décrivent eux-mêmes des verticales.

De ce qui vient d'être dit, il résulte que l'on peut, *à priori*, avant d'avoir construit les points A'_1, A'_2, A'_3..... A'_{N-1}, déterminer les verticales des points fixes : il suffit, en effet, de se donner arbitrairement les points A'_1, A'_2....., A'_{N-1}, et d'appliquer à ces points le tracé du polygone funiculaire d'essai défini au n° 33. En particulier, on peut supposer que A'_1, A'_2....., A'_{N-1} coïncident avec A_1, A_2.... , A_{N-1}, et la construction devient la suivante :

De A_0 mener une divergente quelconque $A_0 m_1 n_1$ qui rencontre $g_1 g_1$ en m_1 et $V_1 V_1$ en n_1 ; tirer $m_1 A_1$ et prolonger jusqu'en p'_1 ; mener $n_1 p'_1$, qui coupe $A_0 A_1$ prolongé en l_2; l_2 *appartient à la verticale du point fixe* L_2 ; car l_2 est le point fixe autour duquel tourne le côté $n_1 p'_1$ du triangle $m_1 n_1 p'_1$ lorsque les sommets de ce triangle décrivent les verticales $g_1 g_1$, $V_1 V_1$, $g'_1 g'_1$, et que les côtés $m_1 n_1$, $m_1 p'_1$ oscillent respectivement autour des points A_0 et A_1, — de même que L_2 est le point fixe autour duquel oscille le côté B_1 (1, 2) du triangle (0, 1) (1, 2) B_1, lorsque les sommets de ce triangle décrivent les verticales $g_1 g_1$, $V_1 V_1$, $g'_1 g'_1$, et que les côtés (0, 1) B_1, (0, 1) (1, 2) oscillent respectivement autour des points A_0 et A'_1.

La verticale du point fixe L_2 est donc $l_2 l_2$.

La verticale du point fixe L_3 se détermine en répétant, relativement aux points l_2 et A_2, la construction qui vient d'être effectuée pour les points A_0 et A_1. Cette construction se justifie comme celle de la verticale de L_2, c'est-à-dire en remarquant l'analogie

des conditions dans lesquelles se trouvent les deux triangles $m_2n_2p_2$ et $(2,3)B_2(3,4)$.

Nous venons de retomber ainsi sur la construction des verticales des points fixes donnée pour la première fois par M. Mohr.

La construction des verticales de la deuxième série de points fixes L'_1, L'_2....., L'_{N-1} s'effectuera de la même manière, mais en partant de A_N au lieu de partir de A_0. — Les deux séries de verticales des points fixes sont construites sur la fig. 21, *(Pl. 105)* pour une poutre à cinq travées.

Une fois les verticales des points fixes construites, pour avoir les points fixes L_2, L_3....., L_N de la première série, il suffira *(fig. 20)* de mener $A_0A'_1$ qu'on prolongera jusqu'à son intersection L_2 avec l_2l_2; L_2 est un des points fixes; puis de tirer $L_2A'_2$ qu'on prolongera jusqu'à son intersection L_3 avec l_3l_3; L_3 est un des points fixes, etc.; en un mot, pour déterminer un point fixe, connaissant le point fixe précédent, on joindra ce dernier point fixe à l'extrémité de l'ordonnée de réactions située à sa droite, et on prolongera la ligne ainsi obtenue jusqu'à son intersection avec la verticale du point fixe cherché.

Les points fixes de la deuxième série se détermineront de la même manière, mais en cheminant dans le sens A_NA_0.

Ces constructions ont été faites *(Pl. 105, Fig. 21)* pour une poutre à cinq travées.

Il suffit, à présent, de joindre les couples de points fixes, comme il a été dit au n° 34, pour obtenir les côtés de rang pair du deuxième polygone funiculaire des réactions; — c'est ce que nous avons fait *(fig. 21)*.

Ces côtés de rang pair doivent se couper sur les contre-verticales sur piles (N° 32).

Nous n'avons pas tracé les côtés de rang impair qui sont inutiles ainsi que nous l'avons fait observer au n° 35.

Nota. — Il faut remarquer que la ligne A_0A_N, c'est-à-dire la droite à laquelle on rapporte les ordonnées de réactions, n'a pas besoin, dans l'épure, d'être tracée horizontalement; la condition d'horizontalité de cette ligne n'est, en effet, entrée dans aucune de nos démonstrations.

38.— Réactions des appuis.— Ayant déterminé le diagramme des

moments de réactions, ou premier polygone funiculaire des réactions, on mènera, par un pôle quelconque, des rayons parallèles aux côtés de ce diagramme, rayons que l'on coupera par une verticale distante du pôle de $A^{mètres}$(*) : les segments interceptés sur cette verticale, par les rayons, représenteront les réactions sur les appuis intermédiaires, à l'échelle adoptée pour les forces dans les tracés précédents.

Cette construction n'est que la construction réciproque de celle indiquée au n° 24, 1; en effet, au lieu de déterminer, comme au n° 24, les moments, en partant des forces, nous déterminons ici les forces, en partant des moments.

Poutre continue, de section variable, reposant librement sur ses appuis.

39. — La marche à suivre reste celle qui a été résumée au n° 36 pour la poutre de section constante. Les différences ne portent que sur la manière de réaliser chacune des opérations indiquées. Nous allons les examiner successivement.

40. — *Tracer le premier polygone funiculaire des charges.*

La construction reste la même que dans le cas précédent, puisque la section de la poutre n'intervient pas. Ce tracé donne les moments de charges μ_p en chaque point.

41. — *Déduire du premier polygone funiculaire des charges, le deuxième polygone funiculaire de ces mêmes charges, c'est-à-dire les ordonnées de charges des points* A_1, A_2 ..... A_{N-1}.

Ici on prendra pour surface de chargement l'aire limitée par la courbe des $\frac{\mu_p}{I\,\Delta}$, ainsi qu'il est indiqué au n° 25, Rem. III; ce qui donnera les ordonnées de charges à l'échelle de $\frac{1}{\left(\frac{\Delta B l m}{E i}\right)}$. Ou, ce qui revient au même, on prendra pour surface de chargement l'aire des $\frac{\mu_p}{I}$, et l'on réduira chaque aire de décomposition à la base Δ.

(*) A a ici la valeur qu'on lui a donnée pour tracer le premier polygone funiculaire des charges.

Il faut remarquer qu'on peut se dispenser d'effectuer le quotient $\frac{\mu_p}{I}$ en chaque point. Pour cela, il suffit de prendre l'aire des μ_p comme surface de chargement et de faire varier, dans la construction du deuxième polygone funiculaire, la distance polaire B, en lui donnant constamment la longueur BI.

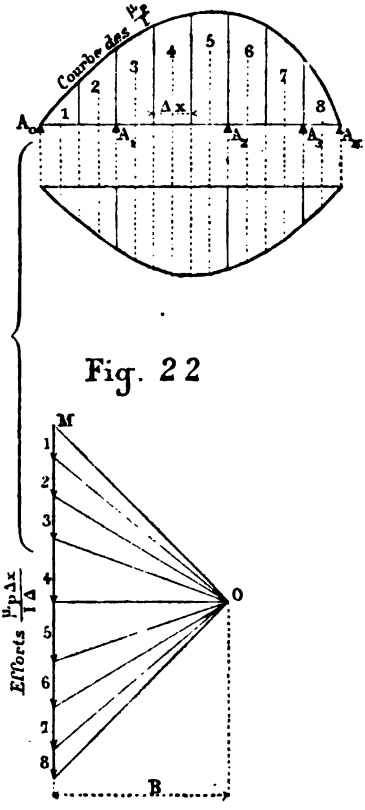


Fig. 22

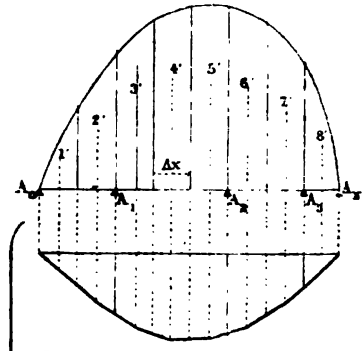
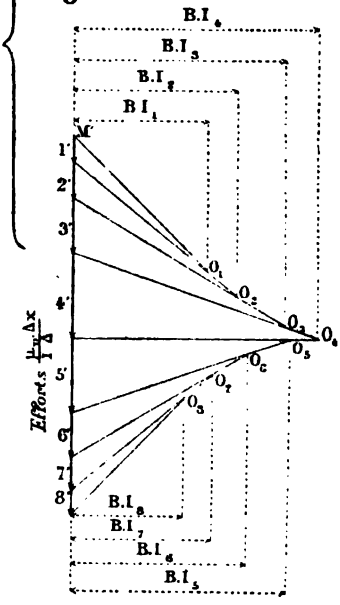


Fig. 23



Comparons en effet ces deux constructions (*fig. 22 et 23*) : dans l'un et l'autre cas, on divise la surface de chargement en éléments de largeur (Δx) assez faible pour que, dans l'intervalle (Δx), on puisse considérer l'ordonnée de la surface de chargement comme constante. Donc, dans l'une et l'autre construction, les verticales des

centres de gravité de ces surfaces élémentaires occupent la même position.

Dans la première construction (*fig.* 22), les surfaces élémentaires ont pour valeurs $\frac{\mu_p}{I}(\Delta x)$; dans la deuxième (*fig.* 23), elles ont pour valeurs $\mu_p(\Delta x)$; et les lignes qui servent à former l'un et l'autre polygone des forces, ont pour longueurs : $\frac{\frac{\mu_p}{I}(\Delta x)}{\Delta}$ et $\frac{\mu_p(\Delta x)}{\Delta}$.

Dans la première construction, la distance polaire B reste constante; dans la deuxième, nous partons d'une première distance polaire BI_1, — I_1 étant le moment d'inertie supposé constant entre les verticales qui limitent la petite surface de chargement 1′, — et nous dirigeons le premier rayon du polygone des forces $\frac{\mu_p(\Delta x)}{\Delta}$ parallèlement au premier rayon du polygone des forces $\frac{\mu_p(\Delta x)}{I\Delta}$; soit O_1 le pôle ainsi obtenu. Le deuxième rayon du polygone des forces est la droite $O_1(1', 2')$; ce rayon est parallèle au rayon $O(1, 2)$ du polygone des forces $\frac{\mu_p(\Delta x)}{I\Delta}$, car les deux triangles $[O\,M\,(1, 2)]$ et $[O_1 M'(1', 2')]$ sont semblables, comme ayant les angles M et M′ égaux, et leurs bases et hauteurs homologues dans le rapport de 1 à I_1.

Prenons maintenant, sur le rayon $O_1(1', 2')$, un nouveau pôle O_2 à une distance polaire égale à BI_2, et menons le rayon $O_2(2', 3')$; ce rayon est parallèle au rayon $O(2, 3)$, pour les mêmes raisons que $O_1(1', 2')$ est parallèle à $O(1,2)$..... En construisant, de proche en proche, les rayons du polygone des forces $\frac{\mu_p(\Delta x)}{\Delta}$, on verrait, comme précédemment, que tous ces rayons sont parallèles aux rayons correspondants du polygone des forces $\frac{\mu_p(\Delta x)}{I\Delta}$.

En résumé, les verticales des centres de gravité des surfaces élémentaires $\frac{\mu_p(\Delta x)}{I}$ et $\mu_p(\Delta x)$ occupent les mêmes positions, et les rayons des polygones des forces $\frac{\mu_p(\Delta x)}{I\Delta}$ et $\frac{\mu_p(\Delta x)}{\Delta}$ sont respective-

ment parallèles ; donc *les polygones funiculaires correspondants sont superposables.*

42. — *Tirer, par différence entre les ordonnées définitives et les ordonnées de charges aux appuis intermédiaires, les valeurs des ordonnées de réactions en ces mêmes points.*

Cette différence se fera naturellement en évaluant les ordonnées définitives, qui sont des données, à l'échelle des ordonnées de charges qu'on vient de construire, c'est-à-dire à l'échelle de $\frac{1}{\left(\frac{\Delta B l m}{E i}\right)}$.

43. — *Tracer, au moyen des ordonnées de réactions, le deuxième polygone funiculaire des réactions, et remonter, de ce dernier, aux valeurs des moments de réactions sur piles.*

Supposons, pour un instant, comme nous l'avons fait pour la poutre de section constante (n° 31), que les moments de réactions

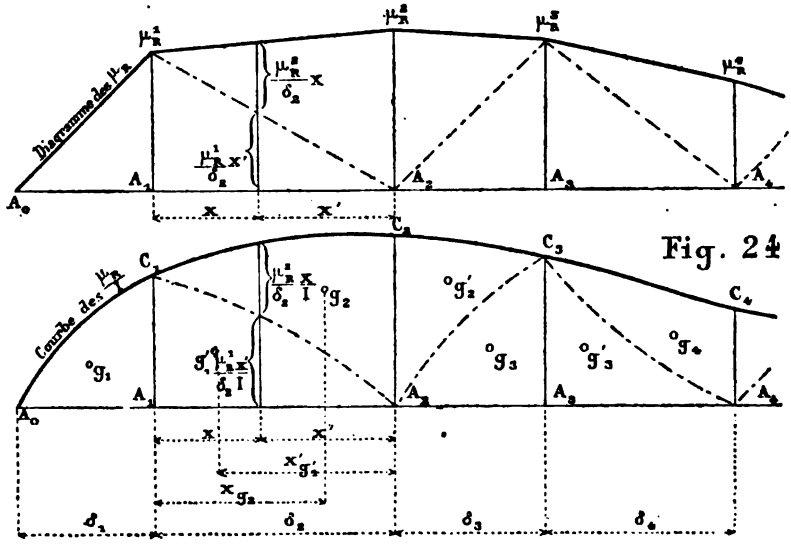


Fig. 24

sur piles soient connus. D'après le n° 25, il faut, pour déterminer les ordonnées de réactions aux points A_1, A_2, ... A_{N-1} (*fig. 24*), considérer une surface de chargement limitée par la courbe des $\frac{\mu_R}{I}$, (μ_R et I étant le moment de réactions et le moment d'inertie en un point quelconque de la poutre), et de construire le deuxième polygone funiculaire correspondant.

Nous savons que, pour déterminer ces ordonnées, (n° 26) on peut décomposer la surface de chargement en segments par les verticales des points A_1, A_2, A_3 ..... A_{N-1}, puis considérer les aires de ces segments comme condensées en leurs centres de gravité respectifs.

Nous savons de plus (n° 26, III) que chacun de ces segments peut lui-même être décomposé, d'une façon quelconque, en autant de parties que nous voulons. Considérons l'un quelconque d'entre eux, — celui limité par les verticales des points A_1 et A_2 par exemple, — et voyons quel mode de décomposition il convient de choisir.

En un point quelconque de l'intervalle A_1A_2, le moment μ_R a pour valeur :

$$\mu_R = \frac{\mu_R^1}{\delta_2} x' + \frac{\mu_R^2}{\delta_2} x;$$

d'où, pour le point considéré :

$$\frac{\mu_R}{I} = \frac{\mu_R^1}{\delta_2} \frac{x'}{I} + \frac{\mu_R^2}{\delta_2} \frac{x}{I}.$$

On peut donc regarder chaque ordonnée $\frac{\mu_R}{I}$ de la surface de chargement comme formée de deux parties : $\frac{\mu_R^1}{\delta_2} \frac{x'}{I}$ et $\frac{\mu_R^2}{\delta_2} \frac{x}{I}$. Soit M le point de séparation de ces deux parties. Le lieu des points M est une courbe C_1A_2. Cette courbe divise la surface de chargement $A_1C_1C_2A_2$ en deux régions $A_1C_1A_2$, et $A_2C_1C_2$; ce sont ces deux aires que nous prendrons comme aires de décomposition.

Évaluons-les, et cherchons-en les centres de gravité :

$$(1) \quad A_1C_1A_2 = \int_{x'=0}^{x'=\delta_2} \frac{\mu_R^1}{\delta_2} \frac{x'}{I} dx' = \frac{\mu_R^1}{\delta_2} \int_{x'=0}^{x'=\delta_2} \frac{x'}{I} dx' = \mu_R^1 \left[\frac{1}{\delta_2} \int_{x'=0}^{x'=\delta_2} \frac{x'}{I} dx' \right].$$

$$(2) \quad x'_{g'_1} = \frac{\displaystyle\int_{x'=0}^{x'=\delta_2} \frac{\mu_R^1}{\delta_2} \frac{x'^2}{I} dx'}{\displaystyle\int_{x'=0}^{x'=\delta_2} \frac{\mu_R^1}{\delta_2} \frac{x'}{I} dx'} = \frac{\displaystyle\int_{x'=0}^{x'=\delta_2} \frac{x'^2}{I} dx'}{\displaystyle\int_{x'=0}^{x'=\delta_2} \frac{x'}{I} dx'}$$

De même :

$$(1\ bis) \qquad A_2MC_1C_2 = \mu_R^2 \left[\frac{1}{\delta_2} \int_{x=0}^{x=\delta_2} \frac{x}{I}\, dx \right].$$

$$(2\ bis) \qquad x_{g_2} = \frac{\displaystyle\int_{x=0}^{x=\delta_2} \frac{x^2}{I}\, dx}{\displaystyle\int_{x=0}^{x=\delta_2} \frac{x}{I}\, dx}.$$

La position des verticales des centres de gravité des surfaces de chargement AC_1MA_2, $A_2MC_1C_2$ est donc indépendante des valeurs de μ_R^1 et de μ_R^2. Ces verticales sont analogues aux *verticales trisectrices* dont nous nous sommes servis dans le cas de la poutre de section constante ; aussi leur conservons-nous la même dénomination, bien qu'elles ne divisent pas la travée en trois parties égales.

Admettons que l'on ait mis en place, dans chaque intervalle A_0A_1, A_1A_2, A_2A_3 ..... $A_{N-2}A_{N-1}$, $A_{N-1}A_N$, les *verticales trisectrices*. (Nous verrons plus loin comment on peut faire graphiquement cette opération.)

On doit considérer, comme agissant suivant ces verticales, des charges fictives :

$$\frac{\mu_R^1 \dfrac{1}{\delta_1} \displaystyle\int_{x=0}^{x=\delta_1} \frac{x}{I}\, dx}{\Delta} ; \quad \frac{\mu_R^1 \dfrac{1}{\delta_2} \displaystyle\int_{x'=0}^{x'=\delta_2} \frac{x'}{I}\, dx'}{\Delta} ; \quad \frac{\mu_R^2 \dfrac{1}{\delta_2} \displaystyle\int_{x=0}^{x=\delta_2} \frac{x}{I}\, dx}{\Delta} ; \ldots\ldots$$

proportionnelles aux aires $A_0A_1C_1$, $A_1C_1MA_2$, $A_2MC_1C_2$ ....., etc (*).

Si les moments μ_R^1, μ_R^2 ..... μ_R^{N-1} étaient connus, ces charges le seraient également ; et si l'on construisait le polygone funiculaire correspondant à ces dernières (deuxième polygone funiculaire des

(*) Δ a ici la même valeur que dans le tracé du deuxième polygone funiculaire des charges.

réactions), les côtés de rang impair de ce polygone funiculaire et sa ligne de fermeture intercepteraient, sur les verticales des points $A_1, A_2, \ldots A_{N-1}$, des segments représentant à l'échelle de $\frac{1}{\left(\frac{\Delta B l n}{E i}\right)}$ les ordonnées de réactions, *que nous connaissons précisément.*

Si, inversement, partant de ces ordonnées connues, nous pouvons reconstituer le deuxième polygone funiculaire des réactions, le problème sera résolu, car on remontera aisément du polygone funiculaire au polygone des forces correspondant; et ces forces ont pour valeurs :

$$\frac{\mu_R^1 \frac{1}{\delta_1}\int_{x=0}^{x=\delta_1} \frac{x}{I}dx}{\Delta}\ ;\quad \frac{\mu_R^1 \frac{1}{\delta_2}\int_{x'=0}^{x'=\delta_2} \frac{x'}{I}dx'}{\Delta}\ ;\quad \frac{\mu_R^2 \frac{1}{\delta_2}\int_{x=0}^{x=\delta_2} \frac{x}{I}dx}{\Delta}\ ;\ \ldots\ldots, \text{etc.}$$

d'où l'on dégagera les inconnues μ_R^1, μ_R^2 ..... etc.

44. — On voit maintenant qu'il y a une analogie complète entre le cas actuel et celui de la poutre de section constante. Les divergences portent seulement sur les deux points de détail suivants :

Dans la poutre de section constante : 1° Les verticales trisectrices partagent chaque travée en trois parties égales. — 2° Les forces servant à former le deuxième polygone funiculaire des réactions ont pour valeurs :

$$\frac{\mu_R^1\delta_1}{2\Delta},\ \frac{\mu_R^1\delta_2}{2\Delta},\ \frac{\mu_R^2\delta_2}{2\Delta},\ \ldots\ldots$$

Dans la poutre de section variable : 1° Les verticales trisectrices ne divisent plus les travées en trois parties égales. 2° Les forces servant à former le deuxième polygone funiculaire des réactions ont pour valeurs :

$$\frac{\mu_R^1 \frac{1}{\delta_1}\int_{x=0}^{x=\delta_1} \frac{x}{I}dx}{\Delta},\ \frac{\mu_R^1 \frac{1}{\delta_2}\int_{x'=0}^{x'=\delta_2} \frac{x'}{I}dx'}{\Delta},\ \frac{\mu_R^2 \frac{1}{\delta_2}\int_{x=0}^{x=\delta_2} \frac{x}{I}dx}{\Delta}\ ;\ \ldots\ldots, \text{etc.}$$

On démontrerait de même qu'au n° 32 que :

Les côtés de rang pair du deuxième polygone funiculaire des réactions se coupent deux à deux sur des verticales, dont la position est indépendante des μ_R sur piles, et que nous appellerons encore contre-verticales sur piles.

Au n° 32, la contre-verticale de la pile A_2, par exemple, est la verticale du centre de gravité de l'aire $A_2 \mu_R^1 \mu_R^2 \mu_R^3$; ici la contre-verticale de la même pile est la verticale du centre de gravité de l'aire $A_2C_1C_2C_3$ (*fig. 24*).

La propriété du deuxième polygone funiculaire des réactions relative aux points fixes subsiste ici et se démontrerait comme au n° 33.

En résumé, de tout ce qui précède il résulte qu'à part la mise en place des verticales trisectrices, et des contre-verticales sur piles, la marche indiquée au n° 34, pour la construction du deuxième polygone funiculaire des réactions, dans le cas où la section de la poutre est constante, s'applique encore au cas de la section variable.

45. — *Construction des verticales trisectrices et des contre-verticales sur piles.*

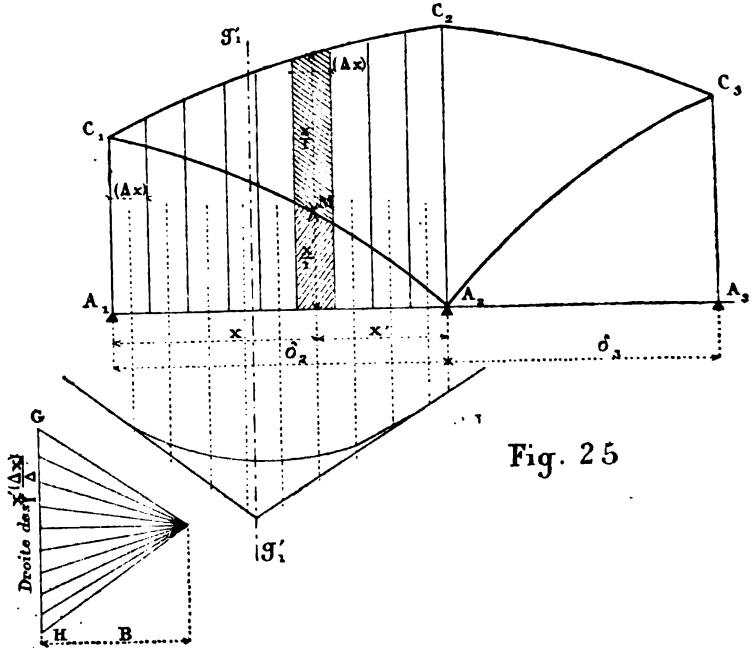
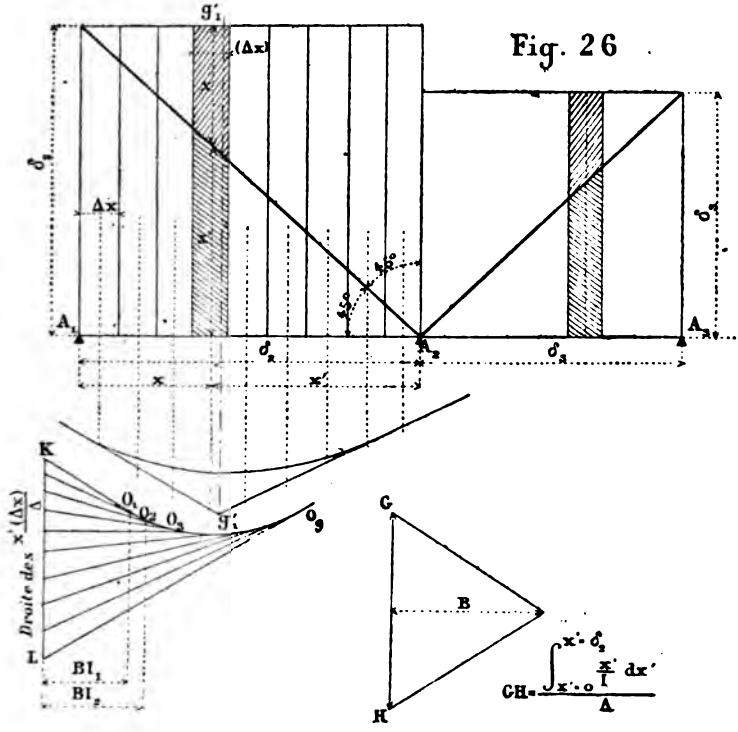


Fig. 25

Considérons, par exemple, l'intervalle A_1A_2. Les verticales trisectrices sont les verticales des centres de gravité des aires $A_1A_2MC_1$.

$A_2MC_1C_2$. La position de ces verticales est indépendante des valeurs de μ_R^1, μ_R^2, ainsi que l'ont montré les formules (2) et (2 *bis*) du n° 43. Il suffit donc de chercher les centres de gravité des aires limitées par les courbes représentatives des valeurs de $\frac{x}{I}$ et de $\frac{x'}{I}$, ce qui peut se faire (*fig.* 25) en décomposant ces aires en éléments $\frac{x}{I}(\Delta x)$, $\frac{x'}{I}(\Delta x')$, qu'on réduira à la base commune Δ, et en traçant le polygone des forces et le polygone funiculaire correspondant à chacune de ces aires.

Fig. 26



Mais on peut opérer plus simplement (c'est-à-dire éviter de faire les quotients $\frac{x}{I}$, $\frac{x'}{I}$ en chaque point), en se basant sur la construction employée déjà au n° 41 pour le tracé du polygone funiculaire correspondant à la surface de chargement limitée par la courbe des $\frac{\mu_P}{I}$. La construction de chacun des polygones funiculaires actuels (*fig.* 26) se fera comme celle du polygone du n° 41, en remplaçant

μ par x ou x'. Les prolongements des côtés extrêmes de ces polygones funiculaires donnent, par leurs intersections, des points situés sur les verticales des centres de gravité cherchés, c'est-à-dire sur les verticales trisectrices. (La figure n'indique la construction que d'une des deux verticales trisectrices de l'intervalle A_1A_2.)

On remarque que si l'on mène, par un pôle quelconque, des parallèles aux rayons des polygones des forces $\frac{x(\Delta x)}{\Delta}$, $\frac{x'(\Delta x)}{\Delta}$, et si on les coupe par une verticale située à une distance du pôle égale à B, on reproduit précisément les polygones des forces $\frac{x}{I}\frac{(\Delta x)}{\Delta}$, $\frac{x'}{I}\frac{(\Delta x)}{\Delta}$; les portions de cette verticale comprises entre les rayons extrêmes de ces derniers polygones des forces ont pour valeurs :

$$\frac{\int_{x=0}^{x=\delta_2} \frac{x}{I}\,dx}{\Delta}, \qquad \frac{\int_{x'=0}^{x'=\delta_2} \frac{x'}{I}\,dx'}{\Delta}.$$

EXEMPLE. — Pour déterminer la dernière de ces quantités, on mènera (*fig. 26*) par un pôle quelconque des parallèles aux rayons extrêmes O_1K, O_9L, et on coupera ces parallèles par une verticale GH, distante de B du pôle : GH représentera la quantité cherchée. — Construction analogue pour la première intégrale.

Nous savons maintenant construire les verticales trisectrices et les valeurs des intégrales : $\frac{1}{\Delta}\int_{x=0}^{x=\delta_2} \frac{x}{I}\,dx$, $\frac{1}{\Delta}\int_{x'=0}^{x'=\delta_2} \frac{x'}{I}\,dx'$, pour la travée A_1A_2. Supposons que ces opérations aient été faites pour chaque travée, et passons à la construction des contre-verticales sur piles :

D'après le n° 44, la contre-verticale de la pile A_2, par exemple, est la verticale du centre de gravité de l'aire $A_2MC_1C_2C_3$ (*fig. 26*). Or, nous connaissons les verticales des centres de gravité des aires $A_2MC_1C_2$, $A_2C_2C_3$, qui sont les verticales trisectrices, et nous savons de plus que ces aires ont pour valeurs (n°43) :

$$\mu_R^2\left[\frac{1}{\delta_2}\int_{x=0}^{x=\delta_2} \frac{x}{I}\,dx\right] \quad \text{et} \quad \mu_R^2\left[\frac{1}{\delta_2}\int_{x'=0}^{x'=\delta_2} \frac{x'}{I}\,dx'\right].$$

Il suffit donc, pour obtenir la contre-verticale de la pile A_2, de chercher la résultante de deux forces verticales proportionnelles à ces valeurs et supposées appliquées suivant les verticales trisectrices voisines de la pile A_2. On sait faire cette recherche. On peut prendre comme forces proportionnelles :

$$\frac{1}{\Delta}\int_{x=0}^{x=\delta_1}\frac{x}{I}dx, \qquad \text{et} \qquad \frac{1}{\Delta}\frac{\delta_2}{\delta_2}\int_{x'=0}^{x'=\delta_2}\frac{x'}{I}dx',$$

qui sont connues, puisque nous avons vu comment, dans chaque travée, on construisait les quantités de la forme $\frac{1}{\Delta}\int\frac{x}{I}dx$, $\frac{1}{\Delta}\int\frac{x'}{I}dx'$.

46. — Le deuxième polygone funiculaire des réactions étant tracé, voyons comment on peut remonter aux valeurs des *moments de réactions sur piles :*

Si l'on construit, avec une distance polaire B, le polygone des forces correspondant à ce polygone funiculaire, on détermine ainsi des forces ayant pour intensités (n° 43) :

$$\mu_R^1\frac{1}{\Delta}\left[\frac{1}{\delta_1}\int_{x=0}^{x=\delta_1}\frac{x}{I}dx\right], \mu_R^1\frac{1}{\Delta}\left[\frac{1}{\delta_2}\int_{x'=0}^{x'=\delta_2}\frac{x'}{I}dx'\right], \mu_R^2\frac{1}{\Delta}\left[\frac{1}{\delta_2}\int_{x=0}^{x=\delta_2}\frac{x}{I}dx\right]; \text{ ... etc.}$$

Or, les valeurs des quantités :

$$\frac{1}{\Delta}\int_{x=0}^{x=\delta_1}\frac{x}{I}dx, \qquad \frac{1}{\Delta}\int_{x'=0}^{x'=\delta_2}\frac{x'}{I}dx', \qquad \frac{1}{\Delta}\int_{x=0}^{x=\delta_2}\frac{x}{I}dx,$$

ont été construites au n° 45 ; δ_1, δ_2, ... sont connus.

D'où il résulte que μ_R^1, μ_R^2, ... etc., s'obtiendront par une série de quatrièmes proportionnelles entre trois lignes connues qui sont pour μ_R^1 par exemple :

$$\mu_R^1\frac{1}{\Delta}\left[\frac{1}{\delta_1}\int_{x=0}^{x=\delta_1}\frac{x}{I}dx\right], \qquad \frac{1}{\Delta}\int_{x=0}^{x=\delta_1}\frac{x}{I}dx, \text{ et } \delta_1.$$

Enfin, pour avoir les *moments fléchissants effectifs*, on devra cumu-

ler, en tenant compte de leurs signes, les moments de charges et les moments de réactions.

Poutre continue, de section constante ou variable, encastrée sur ses appuis sous des angles donnés.

47. — Dans cette hypothèse, — que la section de la poutre soit constante ou variable, — voici la marche à suivre qui est beaucoup plus simple que celle indiquée pour les poutres reposant librement sur leurs appuis :

On tracera le *premier* et le *deuxième polygones funiculaires des charges*, comme il a été dit n^{os} 28, 29, 30, 40, 41, ce qui fera connaître :

1° Le moment de charges en chaque point.

2° L'inclinaison de charges en chaque point d'appui.

3° L'ordonnée de charges en chaque appui intermédiaire.

On tirera de ces deux derniers éléments :

1° L'inclinaison de réactions en chaque appui, par différence entre l'inclinaison définitive donnée (inclinaison de l'encastrement à l'appui considéré) et l'inclinaison de charges.

2° L'ordonnée de réactions en chaque appui intermédiaire, par différence entre l'ordonnée définitive donnée et l'ordonnée de charges.

Le tracé du *deuxième polygone funiculaire des réactions* est dès lors facile :

Admettons que l'on ait mis en place les verticales trisectrices (*) Marquons, sur l'épure, les ordonnées de réactions aux appuis intermédiaires : soient A'_1, A'_2, A'_3 ..... A'_{N-1} les points ainsi obtenus. Puis, par A_0, A'_1, A'_2 ..... A'_{N-1}, A_N, menons des lignes ayant sur A_0A_N des inclinaisons respectivement égales aux inclinaisons de réactions aux points A_0, A_1, A_2 ..... A_{N-1}, A_N. Ces lignes représen-

(*) Ici la première et la dernière travée ont deux verticales trisectrices, et non une seule, comme cela avait lieu dans le cas du repos libre sur les appuis. car les moments de réactions en A_0 et en A_N ne sont pas nuls, et donnent lieu à deux surfaces de chargement qui, dans le cas de la poutre de section constante, sont proportionnelles à $\frac{\mu_R^0 l_1}{2\Delta}$, $\frac{\mu_R^N l_N}{2\Delta}$.

tent précisément les côtés du deuxième polygone funiculaire des réactions qui passent par A_0, A'_1, A'_2 ..... A'_{N-1}, A_N, c'est-à-dire les côtés de rang impair.

Pour obtenir les côtés de rang pair, on limite les côtés de rang impair à leurs points d'intersection avec les verticales trisectrices, et on joint, deux à deux, ceux de ces points qui se trouvent sur les deux verticales trisectrices appartenant à une même travée.

Le deuxième polygone funiculaire des réactions étant tracé, on remonte au *premier polygone funiculaire des réactions* comme il a été dit aux n^{os} 35 et 46. Sur chaque appui intermédiaire on trouve deux moments de réactions : l'un correspondant à une section située immédiatement à gauche, l'autre à une section située immédiatement à droite de l'appui.

CHAPITRE II

Complément de méthode graphique

Détermination directe des moments fléchissants sur piles.

48. — Considérons une travée quelconque de la poutre : celle de rang (m) par exemple ; soit DGE la portion du diagramme des moments de charges comprise dans cette travée ; soit HK la droite représentative des moments de réactions dans cette même travée. Nous superposons ces deux diagrammes pour faire plus facilement la différence de leurs ordonnées.

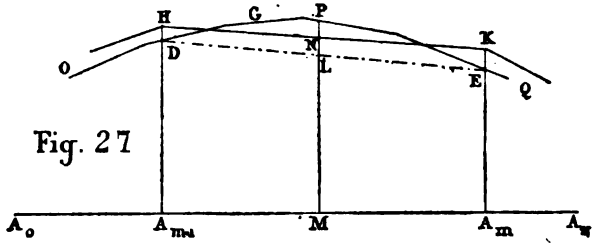


Fig. 27

On sait qu'en un point M quelconque on a,

$$\mu = \mu_P + \mu_R.$$

Sur la figure, $(+\mu_P)$ est représenté par MP et $(-\mu_R)$ par MN. D'où :

$$\mu = MP - MN,$$

et :

$$\mu = (MP - ML) - (MN - ML) = LP - LN.$$

Nous appellerons la quantité (+ LP) *moment de charges réduit*, et la quantité (— LN) *moment de réactions réduit*. Nous les représenterons respectivement par M_P et M_R ; d'où :

$$\mu = M_P + M_R.$$

Cette relation se traduit de la manière suivante :

I. — *En chaque point de la ligne moyenne fléchie de la poutre continue,*

le moment fléchissant définitif μ *est égal à la somme algébrique du moment de charges réduit* M_P *et du moment de réactions réduit* M_R.

Nous appellerons maintenant :

1° *Inclinaison de charges réduite* α'_P, et *ordonnée de charges réduite* y'_P, en un point, l'inclinaison et l'ordonnée qui se produiraient, en ce point, dans la poutre A_0A_N, privée de ses appuis intermédiaires, reposant librement sur ses appuis extrêmes A_0 et A_N, et fléchie par des efforts tels que les moments fléchissants correspondant à ces efforts soient précisément égaux aux moments de charges réduits. — C'est-à-dire que α'_P et y'_P sont données par :

$$\alpha'_P = \int \frac{M_P}{EI}\,dx \qquad y'_P = \int \alpha'_P\,dx = \int dx \int \frac{M_P}{EI}\,dx.$$

2° *Inclinaison de réactions réduite* α'_R, et *ordonnée de réactions réduite* y'_R, en un point, l'inclinaison et l'ordonnée qui se produiraient, en ce point, dans la poutre A_0A_N, privée de ses appuis intermédiaires, reposant librement sur ses appuis extrêmes A_0 et A_N, et fléchie par des efforts tels que les moments fléchissants correspondant à ces efforts soient précisément égaux aux moments de réactions réduits. — C'est-à-dire que α'_R et y'_R sont donnés par :

$$\alpha'_R = \int \frac{M_R}{EI}\,dx \qquad y'_R = \int \alpha'_R\,dx = \int dx \int \frac{M_P}{EI}\,dx.$$

De ces définitions, et de la relation précédemment énoncée entre les moments définitifs, les moments de charges réduits, et les moments de réactions réduits, on déduit, — de la même manière qu'aux n^{os} 3 et 14 de la méthode analytique, — que :

En chaque point de la ligne moyenne fléchie de la poutre continue :

II. — *L'inclinaison définitive est égale à la somme algébrique de l'inclinaison de charges réduite, et de l'inclinaison de réactions réduite.*

III. — *L'ordonnée définitive est égale à la somme algébrique de l'ordonnée de charges réduite et de l'ordonnée de réactions réduite.*

D'autre part la figure même montre que, sur une pile quelcon-

que, le moment de charges réduit est nul, et par suite : *le moment fléchissant définitif sur pile est égal au moment de réactions réduit.*

Donc, si nous pouvons déterminer les moments de réactions réduits sur piles, nous aurons, par cela même, déterminé les moments définitifs sur piles.

Or, de ce qui a été dit précédemment (I, II, III), il résulte que, — les moments de charges réduits, les moments de réactions réduits jouissant; les uns relativement aux autres, et relativement aux moments définitifs, des propriétés mêmes dont jouissent les moments de charges et les moments de réactions, — les constructions, indiquées pour déterminer les moments de réactions en fonction des moments de charges, s'appliquent en tous points à la détermination des moments de réactions réduits, en fonction des moments de charges réduits.

Il reste à voir comment on peut construire les moments de charges réduits.

Pour cela, il suffit de remarquer que le moment de charges réduit n'est autre chose que le moment fléchissant qui serait développé, par les charges données, dans la travée considérée $A_{m-1}A_m$, si cette travée n'était pas solidaire du reste de la poutre. En effet, le diagramme ODPEQ des moments de charges développés dans la poutre A_0A_N est le polygone funiculaire correspondant aux charges agissant sur A_0A_N ; la portion DPE de ce diagramme est donc le polygone funiculaire correspondant aux charges agissant sur le tronçon considéré $A_{m-1}A_m$, et DE est la ligne de fermeture correspondante. D'où il suit que (n° 24; I) les portions de verticales comprises entre DPE et DE, — qui, par définition, représentent les moments de charges réduits, — représentent également les moments fléchissants qui seraient développés, dans la travée $A_{m-1}A_m$, si cette travée n'était pas solidaire du reste de la poutre.

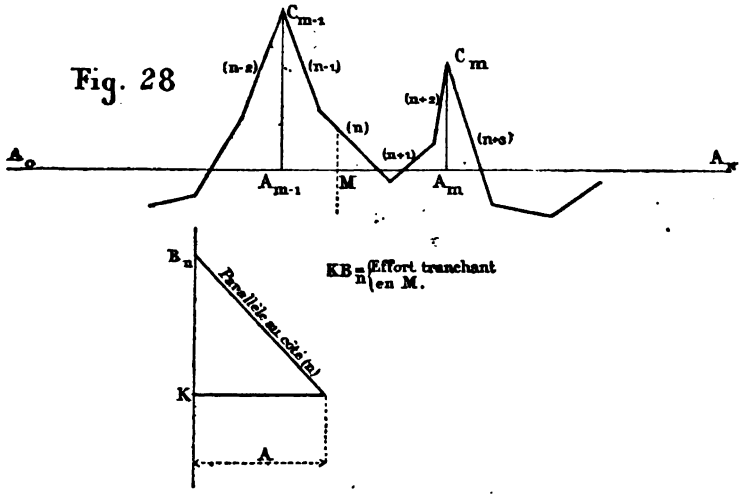
On construira donc, pour chaque travée, le diagramme des moments fléchissants, en supposant que les travées ne sont pas solidaires (n° 24; I); puis on juxtaposera ces diagrammes les uns à la suite des autres pour former le diagramme des *moments de charges réduits* pour toute la poutre A_0A_N.

Puis, ainsi qu'il a été dit précédemment, on se servira, pour dé-

terminer les *moments de réactions réduits sur piles*, (c'est-à-dire les *moments fléchissants définitifs sur piles)* des constructions indiquées pour déterminer les *moments de réactions sur piles*.

49. — Efforts tranchants. — Supposons que le diagramme des moments définitifs soit tracé. D'après le n° 1, III, si l'on mène, par un pôle quelconque, une parallèle au côté *n* du diagramme correspondant à un point M *(fig. 28)* et une parallèle à la ligne de fermeture A_0A_N du diagramme, et si l'on coupe ces parallèles par une verticale distante du pôle de A mètres, le segment intercepté par ces parallèles, sur cette verticale, représente l'effort tranchant en M, à l'échelle adoptée pour représenter les charges dans le premier polygone funiculaire des charges.

Fig. 28

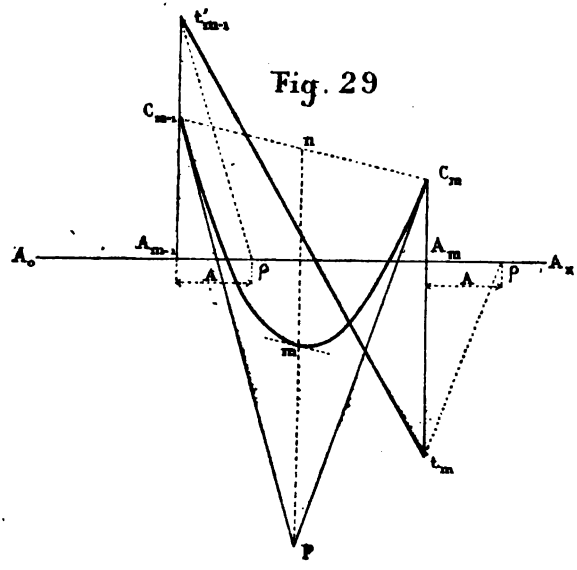


On sait donc construire l'effort tranchant en chaque point.

Si le diagramme était curviligne, la parallèle au côté du diagramme, dont nous venons de parler, se transformerait en la parallèle à la tangente au diagramme, au point où l'on veut déterminer l'effort tranchant.

Dans le cas particulier où les charges sont uniformément réparties dans chaque travée, l'effort tranchant varie, dans chaque travée, suivant les ordonnées d'une droite; il suffit donc de déterminer les efforts tranchants sur piles. A cet effet, on peut, — ainsi que l'indique le Dr Winkler, — prendre, sur la ligne A_0A_N *(fig. 29)*, à

droite de chacun des points d'appui A_{m-1}, A_m de la travée considérée et à une distance A, un pôle ρ; puis, par les deux pôles ainsi obtenus, mener des lignes respectivement parallèles aux tangentes pC_{m-1}, pC_m aux points extrêmes C_{m-1}, C_m; ces lignes coupent les verticales des appuis A_{m-1} et A_m en des points t'_{m-1}, t_m, tels que A_{m-1}



t'_{m-1}, et A_m t_m représentent les efforts tranchants en A_{m-1} et A_m, à l'échelle adoptée pour représenter les charges dans le premier polygone funiculaire des charges; t'_{m-1} t_m est le diagramme des efforts tranchants.

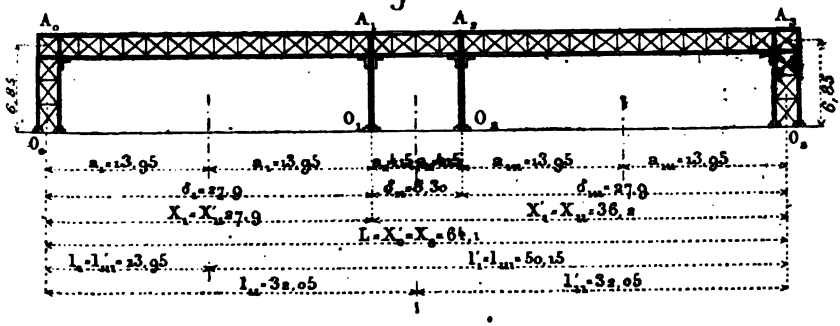
Nota. — Les tangentes à la parabole des moments fléchissants, en C_{m-1} et C_m se déterminent en prenant sur l'axe vertical de la travée une longueur $np = 2mn$ et tirant pC_{m-1} et pC_m (Propriété des tangentes aux extrémités d'une corde $C_{m-1}C_m$ conjuguée à un diamètre np).

ANNEXE I

Application de la méthode analytique au calcul d'une passerelle à trois travées.

Les deux poutres du tablier métallique (*fig. 30*) sont *encastrées* chacune sur quatre piles également métalliques.

Fig. 30



Les moments d'inertie de la section verticale de la poutre, et des sections horizontales des piles ont pour valeurs :

$$10^6 I = 14.209; \quad 10^6 I_0 = 10^6 I_3 = 22.020; \quad 10^6 I_1 = 10^6 I_2 = 21.$$

L'aire de la section verticale de la poutre est égale à ;

$$\Omega = 0^{m2},001480.$$

Calcul des moments de charges.

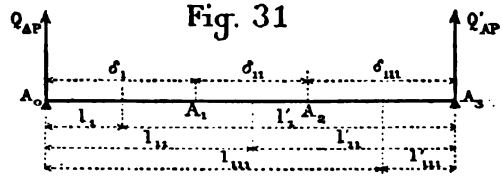
Soient p_I, p_{II}, p_{III}, les charges par mètre courant agissant sur les travées A_0A_1, A_1A_2, A_2A_3.

Les moments de charges étant les moments fléchissants développés par les charges, dans la poutre A_0A_3 privée de ses appuis A_1 et A_2. et reposant librement sur A_0 et A_3, se calculent comme suit :

En prenant les moments autour de A_3 (*fig.* 31), on trouve :

$$Q_{\Delta P} = -\frac{p_I \delta_I l'_I + p_{II}\delta_{II} l'_{II} + p_{III}\delta_{III} l'_{III}}{L}.$$

Fig. 31



En effectuant :

$$Q_{\Delta P} = -21{,}82 p_I - 4{,}15 p_{II} - 6{,}07 p_{III}.$$

et, par suite de la symétrie de la poutre :

$$Q'_{\Delta P} = -6{,}07 p_I - 4{,}15 p_{II} - 21{,}82 p_{III}.$$

Les moments de charges ont dès lors pour expressions et pour valeurs :

$$(1)\quad \begin{cases} \mu^0_{\Delta P} = \mu^1_{\Delta P} = 0. \\ \mu^1_{\Delta P} = Q_{\Delta P}\delta_I + p_I \dfrac{\delta_I^2}{2} = -219{,}80\, p_I - 115{,}78\, p_{II} - 169{,}40\, p_{III}. \\ \mu^2_{\Delta P} = Q'_{\Delta P}\delta_{III} + p_{III} \dfrac{\delta_{III}^2}{2} = -169{,}40\, p_I - 115{,}78\, p_{II} - 219{,}80\, p_{III}. \end{cases}$$

Calcul des moments de réactions.

Les formules (21 *bis*) et (22 *bis*) du n° 23, appliquées en y faisant successivement $r = 1, 2, 3$, en chassant le dénominateur EI, et en remarquant, comme nous l'avons déjà fait au n° 22, que $\mu^0_{R\mu_e} = \mu^1_{R\mu_e} = 0$, donnent :

$$\begin{aligned}
\left(\frac{\delta_I}{3} - EI\tau_0\right)\mu^{\prime 0}_{R\mu_e} + \frac{\delta_I}{6}\mu^{\prime 1}_{R\mu_e} &= EI\, V_I \\
\frac{\delta_I}{6}\mu^{\prime 0}_{R\mu_e} + \left(\frac{\delta_I}{3} - EI\tau_I\right)\mu^{\prime 1}_{R\mu_e} + EI\tau_I\mu^{\prime 1}_{R\mu_e} &= EI\,(U_I - V_I) \\
EI\tau_I\mu^{\prime 1}_{R\mu_e} + \left(\frac{\delta_{II}}{3} - EI\tau_I\right)\mu^{\prime 1}_{R\mu_e} + \frac{\delta_{II}}{6}\mu^{\prime 2}_{R\mu_e} &= EI\, V_2 \\
\frac{\delta_{II}}{6}\mu^{\prime 1}_{R\mu_e} + \left(\frac{\delta_{II}}{3} - EI\tau_2\right)\mu^{\prime 2}_{R\mu_e} + EI\tau_2\mu^{\prime 2}_{R\mu_e} &= EI\,(U_2 - V_2) \\
EI\tau_2\mu^{\prime 2}_{R\mu_e} + \left(\frac{\delta_{III}}{3} - EI\tau_2\right)\mu^{\prime 2}_{R\mu_e} + \frac{\delta_{III}}{6}\mu^{\prime 3}_{R\mu_e} &= EI\, V_3 \\
\frac{\delta_{III}}{6}\mu^{\prime 2}_{R\mu_e} + \left(\frac{\delta_{III}}{3} - EI\tau_3\right)\mu^{\prime 3}_{R\mu_e} &= EI\,(U_3 - V_3)
\end{aligned}$$

(a) Valeurs numériques des coefficients des premiers membres.

Quand la pile est de section constante, — ce qui est le cas ici, — le terme général τ_q relatif à cette pile de rang (q) a pour expression (n° 10) :

$$\tau_q = -\frac{H_q}{\mathcal{E}_q} = -\frac{H_q}{EI_q},$$

où I_q est le moment d'inertie de la section horizontale de la pile. D'où :

$$EI\tau_q = -H_q\left(\frac{I}{I_q}\right).$$

	H_q	$I_q \times 10^6$	$EI\tau_q = -H_q \frac{I}{I_q}$	N°s des Travées	δ	$\frac{\delta}{3}$	$\frac{\delta}{6}$	$\frac{\delta}{3} - EI\tau_q$
0	6,85	22.020	$EI\tau_0 = -4,42$	1	$\delta_I = 27,9$	$\frac{\delta_I}{3} = 9,30$	$\frac{\delta_I}{6} = 4,65$	$\frac{\delta_I}{3} - EI\tau_0 = 13,72$
1	6,85	21	$EI\tau_1 = -4634,84$	2	$\delta_{II} = 8,3$	$\frac{\delta_{II}}{3} = 2,77$	$\frac{\delta_{II}}{6} = 1,38$	$\frac{\delta_I}{3} - EI\tau_1 = 4644,14$
2	6.85	21	$EI\tau_2 = -4634,84$	3	$\delta_{III} = 27,9$	$\frac{\delta_{III}}{3} = 9,30$	$\frac{\delta_{III}}{6} = 4,65$	$\frac{\delta_{II}}{3} - EI\tau_1 = 4637,61$
3	6,85	22.020	$EI\tau_3 = -4,42$					$\frac{\delta_{II}}{3} - EI\tau_2 = 4637,61$
								$\frac{\delta_{III}}{3} - EI\tau_2 = 4644,14$
								$\frac{\delta_{III}}{3} - EI\tau_3 = 13,72$

(b) Valeurs numériques des coefficients de p_I, p_{II}, p_{III}, *dans les seconds membres.*

Les expressions générales des seconds membres sont (n° 22) :

$$V_r = +\frac{Y^r - Y^{r-1} + \left(\sum y_{P_i}^{r-1} + \sum y_{\Delta P_k}^{r-1}\right) - \left(\sum y_{P_i}^{r} + \sum y_{\Delta P_k}^{r}\right)}{\delta_r}$$

$$-\alpha^{r-1} + \left(\sum \alpha_{P_i}^{r-1} + \sum \alpha_{\Delta P_k}^{r-1}\right),$$

$$U_r - V_r = -\frac{Y^r - Y^{r-1} + \left(\sum y_{P_i}^{r-1} + \sum y_{\Delta P_k}^{r-1}\right) - \left(\sum y_{P_i}^{r} + \sum y_{\Delta P_k}^{r}\right)}{\delta_r}$$

$$+\alpha^r - \left(\sum \alpha_{P_i}^{r} + \sum \alpha_{\Delta P_k}^{r}\right).$$

Elles se réduisent ici, puisque les angles d'encastrements de la poutre sont nuls, et que les appuis sont de niveau, et qu'enfin il n'y a pas de charges distinctes, à :

$$V_r = + \frac{\sum y^{r-1}_{\Delta P_k} - \sum y^{r}_{\Delta P_k}}{\delta_r} + \sum \alpha^{r-1}_{\Delta P_k}$$

$$U_r - V_r = - \frac{\sum y^{r-1}_{\Delta P_k} - \sum y^{r}_{\Delta P_k}}{\delta_r} - \sum \alpha^{r}_{\Delta P_k}$$

Le calcul des valeurs de $\alpha_{\Delta P_k}$, $y_{\Delta P_k}$, qui entrentdans les expressions ci-dessus, s'effectue par les formules VII, IX, VIII, X du n° 7 (*b*).

Dans les tableaux qui suivent, nous avons soin d'indiquer la position de chaque charge, p_{I}, p_{II}, p_{III}, relativement aux points A_0, A_1, A_2, A_3, pour lesquels nous calculons les α et les y ; de cette manière, on voit immédiatement quelle formule on doit appliquer.

CALCUL DE $\sum \alpha^0_{\Delta P_k}$

Charges situées à droite de A_0	Charges situées à gauche de A_0	EXPRESSIONS ET VALEURS NUMÉRIQUES DES TERMES $\mathcal{E}\alpha^0_{\Delta P_k}$	
p_{I}	»	$\mathcal{E}\alpha^0_{p_{\text{I}}} = p_{\text{I}} \frac{a_{\text{I}} l_{\text{I}}}{L}\left(-X_0^2 + \frac{1}{3}(L^2 - l_{\text{I}}^2 - a_{\text{I}}^2)\right) = +3.090{,}27\, p_{\text{I}}$	$= \mathcal{E}\sum \alpha^0_{\Delta P_k}$
p_{II}	»	$\mathcal{E}\alpha^0_{p_{\text{II}}} = p_{\text{II}} \frac{a_{\text{II}} l_{\text{II}}}{L}\left(-X_0^2 + \frac{1}{3}(L^2 - l_{\text{II}}^2 - a_{\text{II}}^2)\right) = +2.119{,}53\, p_{\text{II}}$	
p_{III}	»	$\mathcal{E}\alpha^0_{p_{\text{III}}} = p_{\text{III}} \frac{a_{\text{III}} l_{\text{III}}}{L}\left(-X_0^2 + \frac{1}{3}(L^2 - l_{\text{III}}^2 - a_{\text{III}}^2)\right) = +3.764{,}14\, p_{\text{III}}$	

CALCUL DE $\sum \alpha^1_{\Delta P_k}$

Charges situées à droite de A_1	Charges situées à gauche de A_1	EXPRESSIONS ET VALEURS NUMÉRIQUES DES TERMES $\mathcal{E}\alpha^1_{\Delta P_k}$	
»	p_{I}	$\mathcal{E}\alpha^1_{p_{\text{I}}} = p_{\text{I}} \frac{a_{\text{I}} l_{\text{I}}}{L}\left(-X_1^2 + \frac{1}{3}(L^2 - l_{\text{I}}^2 - a_{\text{I}}^2)\right) = +\ 214{,}25\, p_{\text{I}}$	$= \mathcal{E}\sum \alpha^1_{\Delta P_k}$
p_{II}	»	$\mathcal{E}\alpha^1_{p_{\text{II}}} = p_{\text{II}} \frac{a_{\text{II}} l_{\text{II}}}{L}\left(-X_1^2 + \frac{1}{3}(L^2 - l_{\text{II}}^2 - a_{\text{II}}^2)\right) = +\ 304{,}33\, p_{\text{II}}$	
p_{III}	»	$\mathcal{E}\alpha^1_{p_{\text{III}}} = p_{\text{III}} \frac{a_{\text{III}} l_{\text{III}}}{L}\left(-X_1^2 + \frac{1}{3}(L^2 - l_{\text{III}}^2 - a_{\text{III}}^2)\right) = +1.400{,}94\, p_{\text{III}}$	

CALCUL DE $\sum y^1_{\Delta P_k}$

Charges situées à droite de A_1	Charges situées à gauche de A_1	EXPRESSIONS ET VALEURS NUMÉRIQUES DES TERMES $\mathcal{E}y^1_{\Delta P_k}$
»	p_I	$\mathcal{E}y^1_{p_I} = p_I \frac{a_I l_I}{3L} X'_1(-X'^2_1 + L^2 - l_I^2 - a_I^2) = +88.256{,}00\,p_I$
p_{II}	»	$\mathcal{E}y^1_{p_{II}} = p_{II} \frac{a_{II} l_{II}}{3L} X_1(-X_1^2 + L^2 - l_{II}^2 - a_{II}^2) = +44.113{,}60\,p_{II}$
p_{III}	»	$\mathcal{E}y^1_{p_{III}} = p_{III} \frac{a_{III} l_{III}}{3L} X_1(-X_1^2 + L^2 - l_{III}^2 - a_{III}^2) = +83.041{,}87\,p_{III}$

$\Big\} = \mathcal{E}\sum y^1_{\Delta P_k}$

Par suite de la symétrie de la poutre, on peut immédiatement écrire :

$$\mathcal{E}\sum y^2_{\Delta P_k} = -1.400{,}91\,p_I - 504{,}33\,p_{II} - 244{,}05\,p_{III}$$

$$\sum y^3_{\Delta P_k} = -3.764{,}14\,p_I - 2.119{,}53\,p_{II} - 5.090{,}27\,p_{III}$$

$$\mathcal{E}\sum y^3_{\Delta P_k} = 83.041{,}87\,p_I + 44.113{,}60\,p_{II} + 88.256{,}00\,p_{III}$$

$$\sum y^0_{\Delta P_k} = \sum y^3_{\Delta P_k} = 0$$

Les valeurs des sommes ci-dessus calculées, portées dans les expressions de V_r et de $U_r - V_r$ donnent :

$$EI\,V_1 = +\mathcal{E}\frac{\sum y^0_{\Delta P_k} - \sum y^1_{\Delta P_k}}{\delta_1} + \mathcal{E}\sum \alpha^0_{\Delta P_k} = 1.926{,}97\,p_I + 538{,}40\,p_{II} + 787{,}72\,p_{III}$$

$$EI(U_1 - V_1) = -\mathcal{E}\frac{\sum y^0_{\Delta P_k} - \sum y^1_{\Delta P_k}}{\delta_1} - \mathcal{E}\sum \alpha^1_{\Delta P_k} = 2.949{,}04\,p_I + 1.076{,}79\,p_{II} + 1.575{,}46\,p_{III}$$

$$EI\,V_2 = +\mathcal{E}\frac{\sum y^1_{\Delta P_k} - \sum y^2_{\Delta P_k}}{\delta_2} + \mathcal{E}\sum \alpha^1_{\Delta P_k} = 842{,}45\,p_I + 504{,}33\,p_{II} + 772{,}74\,p_{III}$$

$$EI(U_2 - V_2) = -\mathcal{E}\frac{\sum y^1_{\Delta P_k} - \sum y^2_{\Delta P_k}}{\delta_2} - \mathcal{E}\sum \alpha^2_{\Delta P_k} = 772{,}74\,p_I + 504{,}33\,p_{II} + 842{,}45\,p_{III}$$

$$EI\,V_3 = +\mathcal{E}\frac{\sum y^2_{\Delta P_k} - \sum y^1_{\Delta P_k}}{\delta_3} + \mathcal{E}\sum \alpha^2_{\Delta P_k} = 1.575{,}46\,p_I + 1.076{,}79\,p_{II} + 2.949{,}04\,p_{III}$$

$$EI(U_3 - V_3) = -\mathcal{E}\frac{\sum y^2_{\Delta P_k} - \sum y^3_{\Delta P_k}}{\delta_3} - \mathcal{E}\sum \alpha^3_{\Delta P_k} = 787{,}72\,p_I + 538{,}40\,p_{II} + 1.926{,}97\,p_{III}$$

Les équations entre les moments de réaction sont dès lors :

$$\begin{aligned}
13{,}72\,\mu'^{0}_{R\mu_e} + 4{,}65\,\mu^{1}_{R\mu_e} &= 1.926{,}97\,p_I + 538{,}40\,p_{II} + 787{,}72\,p_{III}\\
4{,}65\,\mu'^{0}_{R\mu_e} + 4.644{,}14\,\mu^{1}_{R\mu_e} - 4.634{,}84\,\mu'^{1}_{R\mu_e} &= 2.949{,}04\,p_I + 1.076{,}79\,p_{II} + 1.575{,}46\,p_{III}\\
-4.634{,}84\,\mu^{1}_{R\mu_e} + 4.637{,}61\,\mu'^{1}_{R\mu_e} + 1{,}38\,\mu^{2}_{R\mu_e} &= 842{,}45\,p_I + 504{,}33\,p_{II} + 772{,}74\,p_{III}\\
1{,}38\,\mu'^{1}_{R\mu_e} + 4.637{,}61\,\mu^{2}_{R\mu_e} - 4.634{,}84\,\mu'^{2}_{R\mu_e} &= 772{,}74\,p_I + 504{,}33\,p_{II} + 842{,}45\,p_{III}\\
-4.634{,}84\,\mu^{2}_{R\mu_e} + 4.644{,}14\,\mu'^{2}_{R\mu_e} + 4{,}65\,\mu^{3}_{R\mu_e} &= 1.575{,}46\,p_I + 1.076{,}79\,p_{II} + 2.949{,}04\,p_{III}\\
4{,}65\,\mu'^{2}_{R\mu_e} + 13{,}72\,\mu^{3}_{R\mu_e} &= 787{,}72\,p_I + 538{,}40\,p_{II} + 1.926{,}97\,p_{III}
\end{aligned}$$

En résolvant ces équations, on trouve :

$$(2)\quad \begin{cases}
\mu'^{0}_{R\mu_e} = 46{,}30\,p_I - 1{,}26\,p_{II} + 3{,}58\,p_{III}\\
\mu^{1}_{R\mu_e} = 277{,}79\,p_I + 117{,}79\,p_{II} + 161{,}79\,p_{III}\\
\mu'^{1}_{R\mu_e} = 277{,}76\,p_I + 117{,}82\,p_{II} + 161{,}78\,p_{III}\\
\mu^{2}_{R\mu_e} = 161{,}78\,p_I + 117{,}82\,p_{II} + 277{,}76\,p_{III}\\
\mu'^{2}_{R\mu_e} = 161{,}79\,p_I + 117{,}79\,p_{II} + 277{,}79\,p_{III}\\
\mu^{3}_{R\mu_e} = 3{,}58\,p_I - 1{,}26\,p_{II} + 46{,}30\,p_{III}
\end{cases}$$

Moments fléchissants sur piles.

En cumulant les moments de charges et les moments de réactions précédemment calculés (1, 2), on obtient les valeurs suivantes des moments fléchissants sur piles :

$$\begin{aligned}
\mu'^{0} &= 46{,}30\,p_I - 1{,}26\,p_{II} + 3{,}58\,p_{III} \qquad & \mu^{2} &= -7{,}62\,p_I + 2{,}04\,p_{II} + 57{,}96\,p_{III}\\
\mu^{1} &= 57{,}99\,p_I + 2{,}01\,p_{II} - 7{,}61\,p_{III} & \mu'^{2} &= -7{,}61\,p_I + 2{,}01\,p_{II} + 57{,}99\,p_{III}\\
\mu'^{1} &= 57{,}96\,p_I + 2{,}04\,p_{II} - 7{,}62\,p_{III} & \mu^{3} &= +3{,}58\,p_I - 1{,}26\,p_{II} + 46{,}30\,p_{III}
\end{aligned}$$

Moments d'encastrements sur piles.

D'après le n° 19, les moments d'encastrements ont pour expressions :

$$\begin{aligned}
\mu^{0}_{e} &= \mu^{0}_{R\mu_e} - \mu'^{0}_{R\mu_e} = -46{,}30\,p_I + 1{,}26\,p_{II} - 3{,}58\,p_{III} \qquad & \mu^{2}_{e} &= \mu^{2}_{R\mu_e} - \mu'^{2}_{R\mu_e} = -0{,}01\,p_I + 0{,}03\,p_{II} - 0\\
\mu'^{0}_{e} &= \mu^{1}_{R\mu_e} - \mu'^{1}_{R\mu_e} = 0{,}03\,p_I - 0{,}03\,p_{II} + 0{,}01\,p_{III} & \mu'^{2}_{e} &= \mu^{3}_{R\mu_e} - \mu'^{3}_{R\mu_e} = 3{,}58\,p_I - 1{,}26\,p_{II} + 46
\end{aligned}$$

Réactions sur piles.

Si l'on considère la poutre A_0A_3 comme soumise seulement à l'action des réactions R_1, R_2 des appuis intermédiaires, et des moments d'encastrements de tous les appuis, on sait que le diagramme des moments fléchissants développés dans la poutre est alors celui des *moments de réactions* représenté par la figure 32.

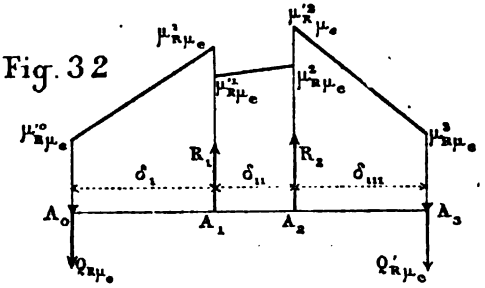
Soient, dans ces conditions de flexion, $Q_{R\mu_e}$, $Q'_{R\mu_e}$, les réactions sur les appuis extrêmes; on a, dès lors :

$$\mu'^{2}_{R\mu_e}=\mu^{1}_{R\mu_e}+Q'_{R\mu_e}\delta_{III} \qquad \text{d'où :} \quad Q'_{R\mu_e}=\frac{\mu'^{2}_{R\mu_e}-\mu^{3}_{R\mu_e}}{\delta_{III}} = \quad 5{,}67p_I+4{,}26p_{II}+8{,}29p_{III}.$$

et

$$\mu'^{1}_{R\mu_e}=\mu^{2}_{R\mu_e}+(R_2+Q'_{R\mu_e})\delta_{II} \quad \text{d'où :} \quad R_2=\frac{\mu'^{2}_{R\mu_e}-\mu^{2}_{R\mu_e}}{\delta_{II}}-Q'_{R\mu_e}=8{,}30p_I-4{,}26p_{II}-22{,}27p_{III},$$

Fig. 32



Et, en vertu du principe de la superposition des effets des forces :

$$R_2=Q'_{\Delta P}+Q'_{R\mu_e}=-0{,}40p_I+0{,}11p_{II}-13{,}53p_{III}.$$

Enfin, par suite de la symétrie de la poutre :

$$R_0=-13{,}53p_I+0{,}11p_{II}-0{,}40p_{III} \qquad R_1=-22{,}27p_I-4{,}26p_{II}+8{,}30p_{III}.$$

Effet de la dilatation.

La formule, liant entre elles les compressions développées dans trois travées consécutives, est (n° 11) :

$$-\frac{H^3_{v-1}}{3\mathcal{E}'_{v-1}}C_{v-1}+\left[\frac{H^3_v}{3\mathcal{E}'_v}+\frac{H^3_{v-1}}{3\mathcal{E}'_{v-1}}+\frac{\delta_v(1+mt)}{E\Omega_v}\right]C_v-\frac{H^3_v}{3\mathcal{E}'_v}C_{v-1}=\delta_v mt.$$

En faisant successivement $v=1$, 2, dans cette relation, et en remarquant que $C_1=C_3$:

$$\left[\frac{H^3_1}{3\mathcal{E}'_1}+\frac{H^3_0}{3\mathcal{E}'_0}+\frac{\delta_1(1+mt)}{E\Omega_1}\right]C_1-\frac{H^3_1}{3\mathcal{E}'_1}C_2=\delta_1 mt$$
$$\left[\frac{H^3_1}{3\mathcal{E}'_1}+\frac{H^3_2}{3\mathcal{E}'_2}\right]C_1+\left[\frac{H^3_2}{3\mathcal{E}'_2}+\frac{H^3_1}{3\mathcal{E}'_1}+\frac{\delta_2(1+mt)}{E\Omega_2}\right]C_2=\delta_2 mt.$$

Nous supposerons que la variation de température ne dépasse pas 25°; ce qui conduit à prendre $mt=0{,}0003$; nous attribuerons au

coefficient d'élasticité la valeur $E = 18 \times 10^9$. Dans ces conditions les formules deviennent :

$$\left.\begin{aligned} 283{,}813\,C_1 - 283{,}438\,C_2 &= 8370 \\ -566{,}876\,C_1 + 566{,}907\,C_2 &= 2445 \end{aligned}\right\} \quad \text{d'où :} \quad \left\{\begin{aligned} C_1 &= 24.561\ \text{kg.} \\ C_2 &= 24.564\ \text{kg.} \end{aligned}\right.$$

Ces compressions développent, à la base des piles, des moments fléchissants qui ont pour valeurs :

$$\mu_0 = \mu_3 = C_1 H = 168.243. \qquad \mu_1 = \mu_2 = (C_2 - C_1) H = 21.$$

Nota. — Nous ne pousserons pas plus loin ces calculs numériques : il nous suffisait, en effet, de montrer comment les moments fléchissants, les moments d'encastrements....., etc., pouvaient se calculer en fonctions des charges p_I, p_{II}, p_{III}. L'examen des diverses hypothèses de surcharges se ferait d'ailleurs aisément au moyen des formules à coefficients numériques ci-dessus établies.

Il faut remarquer qu'eu égard à la faible valeur des moments d'inertie des deux piles centrales, nous aurions pu, sans commettre une grande erreur, négliger la flexion de ces piles, c'est-à-dire admettre que la poutre reposait librement sur elles, sans encastrements; cette hypothèse nous eût conduit à faire dans les formules : $\mu'^{1}_{R\mu_e} = \mu^{1}_{R\mu_e}$ et $\mu'^{2}_{R\mu_e} = \mu^{2}_{R\mu_e}$.

ANNEXE II

Note sur le premier polygone funiculaire.

La démonstration que l'on donne ordinairement du principe 1 du n° 24 est purement géométrique ; le Dr Winkler en donne la démonstration mécanique suivante :

« Si, en une section quelconque de la poutre, nous coupons le polygone funiculaire en menant une verticale QR (*fig. 14*), et si du point R nous abaissons une perpendiculaire RV sur la ligne de fermeture CD, en désignant par H l'effort horizontal, par S l'effort funiculaire dans la ligne de fermeture, et par μ la somme des moments de toutes les forces extérieures situées à gauche de QR, nous aurons, comme condition d'équilibre s'opposant à tout mouvement de rotation autour du point R : $\mu = S.(RV) = S.(QR)\cos QRV$.

« ou bien, puisque QRV = l'angle de S et de H, et que S. cos (S,H) « = H :

$$\mu = (QR).H.$$

« H représente la distance polaire; (puisque dans tout polygone « funiculaire, la projection horizontale des tensions dans les diverses « barres est constante et égale à la distance polaire évaluée en Kg.) « par conséquent, *le moment fléchissant, en tout point, est proportionnel à la hauteur verticale correspondante du polygone funiculaire.* « En prenant H égal à l'unité de forces, ce qui est certainement à « recommander, on aura :

$$\mu = (RQ),$$

« et l'on pourra poser le théorème suivant :

« *Le moment en une section quelconque de la poutre est représenté par « la hauteur verticale correspondante du polygone funiculaire* (*). »

Nota. — Dans la citation que nous venons de faire, (QR) n'a pas la valeur qui lui a été attribuée au n° 24. (QR) est ici une longueur mesurée en vraie grandeur, tandis qu'au n° 25 (QR) est la ligne qui représente cette longueur sur l'épure, de sorte que si $\frac{1}{l}$ est l'échelle des longueurs, la longueur (QR) du n° 1 est l fois plus petite qu'ici. Donc, si l'on donne à (QR) la signification qu'il a au n° 1, on doit écrire :

$$\mu = (QR)l.H.$$

Mais H est la distance polaire en kilogrammes ; si cette distance polaire est représentée sur l'épure par une longueur A, et si (f) kilogrammes est la force représentée par l'unité de longueur, on a : $H = f.A$. D'où :

$$\mu = (QR)A.f.l,$$

qui est bien la formule du n° 1.

Il n'y a rien de particulier à dire au sujet des principes II et III du n° 1. Le principe II résulte du mode de décomposition connu des forces parallèles en deux forces parallèles passant par deux points donnés A_0 et A_N.

(*) Extrait du *Traité de construction de ponts* du Dr Winkler, professeur à l'École polytechnique de Vienne.

Quant au principe III, l'examen de la figure suffit pour faire voir que la ligne, que nous avons dit représenter l'effort tranchant en un point, est bien la somme algébrique des lignes représentant les charges et la réaction situées à droite du point considéré.

ANNEXE III

Sur la représentation graphique de la ligne moyenne fléchie.

Voici comment s'exprime le Dr Winkler au sujet du tracé de la ligne moyenne ou ligne élastique fléchie :

« L'équation différentielle de la ligne élastique est, comme on « sait :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\mu}{EI}.$$

« L'équation différentielle d'une courbe funiculaire, correspondant « à une charge q par unité de longueur horizontale et à une tension « horizontale constante, est :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{q}{H}\ (*).$$

« Il en résulte que *la ligne élastique n'est autre chose qu'une courbe « funiculaire, pour laquelle la charge (variable) rapportée à l'unité de « longueur horizontale est représentée par le moment* μ, *ou le quotient* « $\frac{\mu}{I}$, *et où* EI, *ou respectivement* E, *représentent la tension horizon- « tale* H (**).

(*) Cette équation est établie dans tous les traités de mécanique au sujet des courbes funiculaires et des ponts suspendus.

(**) Cette démonstration est insuffisante : on peut, en effet, se demander ce que deviennent, dans le tracé de la courbe funiculaire, — autrement dit, dans l'intégration graphique, — les constantes qui entrent dans l'intégration algébrique.

Pour répondre à cette objection, considérons une poutre A_0A_N dans laquelle nous supposons que les lois de variation de $\left(\frac{\mu}{I}\right)$ sont les suivantes : dans un premier tronçon $\left(\frac{\mu}{I}\right) = f_1(x)$; dans un deuxième tronçon $\left(\frac{\mu}{I}\right) = f_2(x)$;..., etc. Les

« Il faudra donc considérer la *surface des moments* comme une « *surface de chargement*, et construire la courbe funiculaire correspondante.

« C'est ainsi que M. Mohr a, pour la première fois, effectué la « représentation graphique de la ligne élastique.

« Si, au lieu de supposer la tension horizontale égale à EI ou à E, on la « suppose égale à $\frac{1}{n}$ EI, ou $\frac{1}{n}$ E, les ordonnées de la ligne élastique « seront n fois plus grandes ; et si $\frac{1}{n}$ représente sur l'épure l'échelle « de réduction adoptée pour les longueurs, on obtiendra les ordonnées de la ligne élastique en vraie grandeur.

« Si l'on divise la surface des moments en plusieurs parties par des « lignes verticales, et si l'on suppose chacune de ces surfaces élémentaires concentrée en son centre de gravité, celles-ci déterminent un « polygone funiculaire dont les côtés sont des tangentes à la ligne « élastique aux points situés verticalement au-dessous des lignes de « séparation des surfaces élémentaires ; d'où il résulte qu'on peut « mener un nombre quelconque de tangentes à la ligne élastique. Il « faudra naturellement, dans le polygone des forces, porter les surfaces représentant les moments positifs, en sens inverse de celles « qui représentent les moments négatifs.

« Si, au lieu de diviser la surface des moments par des lignes verticales, on la divise par des droites obliques (*fig. 33*), la direction des côtés extrêmes du polygone funiculaire sera la même que « dans le cas d'une division par des lignes verticales, car la hauteur

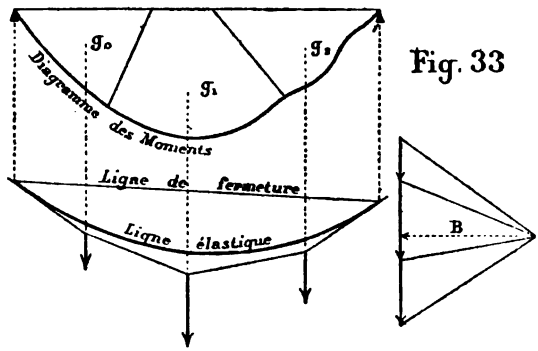


Fig. 33

équations différentielles de la ligne moyenne fléchie dans ces tronçons sont dès lors respectivement $\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{1}{E} f_1(x)$; $\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{1}{E} f_2(x)$; ..... etc. L'intégration de ces équations différentielles introduit, pour chacune d'elles, deux constantes. Ces constantes se déterminent par la condition du raccordement tangentiel des divers tronçons entre eux, et par la condition de nullité des ordonnées de la

« verticale entre les rayons correspondants du polygone des forces « correspond à la totalité de la charge. Donc, dans ce cas aussi, les « côtés extrêmes du polygone funiculaire sont des tangentes à la « ligne élastique aux points extrêmes de la portion considérée de « cette ligne. »

ANNEXE IV

Application de la méthode graphique à une poutre de pont à cinq travées.

(Voir l'épure à la planche 106).

Portées des travées $\begin{cases} \delta_1 = \delta_5 = 45^m,525 \\ \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = 56^m,000 \end{cases}$

Poids mort par M. courant de poutre $p' = 1.150$ k.
Surcharge id. id. $p' = 2.000$ k.
La poutre est supposée de section constante.
Ses six appuis sont de niveau.

I° Moments fléchissants.

Nous appliquerons la méthode du n° 48 dans deux hypothèses de surcharge :

1° Travées 1, 2, 4, 5 surchargées.
2° Travées 2, 3, 5 id.

La détermination des moments fléchissants (n°s 48 et 36) comporte les opérations suivantes :

ligne moyenne fléchie en A_0 et en A_N. — Les constantes n'interviennent donc, dans le calcul algébrique, que pour exprimer ces deux dernières conditions, qui sont précisément remplies dans le tracé de la courbe funiculaire :

1° Celle du raccordement tangentiel, par le tracé lui-même.

2° Celle de la nullité des ordonnées extrêmes, en A et A_N, par la position que l'on donne à la ligne de fermeture. Donc on peut affirmer que la courbe funiculaire a même équation que la ligne moyenne fléchie.

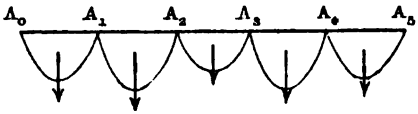
1° Tracer le premier polygone funiculaire des charges réduit. (Diagramme des moments de charges réduits.) — Nous devons, à cet effet, supposer que les travées ne sont pas solidaires, construire les diagrammes des moments fléchissants qui y seraient produits dans ces conditions, et juxtaposer ces diagrammes les uns à la suite des autres.

On peut faire cette opération graphiquement (n° 24, I). — Si nous adoptons pour échelle des longueurs, $0^m,002$ par mètre, c'est-à-dire $\frac{1}{l} = \frac{1}{500}$, et, pour échelle des forces $0^m,005$ pour 10.000, c'est-à-dire $\frac{1}{f} = \frac{1}{2.000.000}$, — et si nous voulons que les moments soient représentés à l'échelle de $0^m,005$ pour 100.000, ou $\frac{1}{m} = \frac{1}{20.000.000}$, nous devons (toujours d'après le n° 24), prendre pour distance polaire A, la longueur donnée par :

$$Afl = m, \quad \text{ou} \quad A = \frac{m}{fl} = \frac{20.000.000}{2.000.000 \times 500} = 0^m,020.$$

Mais ici le tracé graphique n'est pas aussi rapide que le calcul, car, les charges étant uniformément réparties sur chaque travée, on sait que les courbes des moments de charges réduits *(fig. 34)* sont simplement des paraboles dont les axes coïncident avec les axes verticaux des travées, et dont les ordonnées M_{mP} des sommets sont données, d'une manière générale, par $M_{mP} = \frac{1}{8} p \delta^2$.

Fig. 34



Ces maximum sont, pour chaque travée, les seules quantités intéressantes. Leurs valeurs sont, dans les deux hypothèses de surcharge ci-dessus définies :

	1re hypothèse	2e hypothèse
1re travée....	$M^1_{mP} = \ldots \frac{1}{8}(p' + p'')\delta_1^2 =$ 816.037	.... $\frac{1}{8} p' \delta_1^2$ = 297.925
2e id.	$M^2_{mP} = \ldots \frac{1}{8}(p' + p'')\delta_2^2 =$ 1.234.800	.... $\frac{1}{8}(p' + p'')\delta_2^2 =$ 1.234.800
3e id.	$M^3_{mP} = \ldots \frac{1}{8} p' \delta_3^2$ = 450.000	.... $\frac{1}{8}(p' + p'')\delta_3^2 =$ 1.234.800

4e id. .... $M^4_{mP} = \ldots \frac{1}{8}(p'+p'')\delta_4^2 = 1.234.800 \ldots . \frac{1}{8}p'\delta_4^2 = 450.800$

5e id. .... $M^5_{mP} = \ldots . \frac{1}{8}(p'+p'')\delta_5^2 = 816.057 \ldots . \frac{1}{8}(p'+p'')\delta_5^2 = 816.057$

2° *Déduire du premier polygone funiculaire des charges réduit, le deuxième polygone funiculaire des charges réduit, c'est-à-dire les ordonnées de charges réduites aux points* A_1, A_2, A_3, A_4. (Voir nos 48 et 29). — Les aires de décomposition de la surface de chargement sont ici *(fig. 31)* des segments paraboliques, dont les surfaces ont pour expression générale $\frac{2}{3}M_{mP}\delta$; et dont les centres de gravité sont situés sur les axes verticaux des travées.

Prenons $\Delta = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4$, il vient, pour valeurs des efforts fictifs servant à tracer le deuxième polygone des forces, et le deuxième polygone funiculaire des charges réduit :

		1re hypothèse	2e hypothèse
1re travée....	$\frac{2}{3}M^1_{mP}\frac{\delta_1}{\delta_2} =$	$\ldots . 544.038\frac{\delta_1}{\delta_2}$	$\ldots . 198.617\frac{\delta_1}{\delta_2}$.
2e id.	$\frac{2}{3}M^2_{mP} =$	$\ldots . 823.200$	$\ldots 823.200$.
3e id.	$\frac{2}{3}M^3_{mP} =$	$\ldots . 300.533$	$\ldots . 823.200$.
4e id.	$\frac{2}{3}M^4_{mP} =$	$\ldots . 823.200$	$\ldots . 300.523$
5e id.	$\frac{2}{3}M^5_{mP}\frac{\delta_1}{\delta_2} =$	$\ldots . 544.038\frac{\delta_1}{\delta_2}$	$\ldots . 544.038\frac{\delta_1}{\delta_2}$.

Nous donnons à la distance polaire la valeur $B = 0^m,100$.

Les efforts fictifs correspondant aux travées intermédiaires sont évalués numériquement dans le tableau qui précède. Quant à ceux correspondant aux travées extrêmes 1 et 5, ils sont les produits de quantités connues $\frac{2}{3}M^1_{mP}$, $\frac{2}{3}M^5_{mP}$ par un rapport constant $\frac{\delta_1}{\delta_2}$. Au lieu d'effectuer ces produits, nous construisons géométriquement la ligne $B\frac{\delta_2}{\delta_1}$, ainsi que l'indique l'épure; puis, sur une verticale $a'_1 f''_1$, située à une distance $B\frac{\delta_2}{\delta_1}$ du pôle 0, nous portons les longueurs $\frac{2}{3}M^1_{mP}$, $\frac{2}{3}M^5_{mP}$ correspondant aux travées extrêmes, ce qui revient au même que de

porter les longueurs $\frac{2}{3}M^{1}_{mP}\frac{\delta_1}{\delta_2}$, $\frac{2}{3}M^{5}_{mP}\frac{\delta_1}{\delta_2}$ sur la verticale a_1f_1 distante de B du pôle, car $\frac{\frac{2}{3}M^{1}_{mP}}{B\frac{\delta_2}{\delta_1}}=\frac{\frac{2}{3}M^{1}_{mP}\frac{\delta_1}{\delta_2}}{B}$, et $\frac{\frac{2}{3}M^{5}_{mP}}{B\frac{\delta_2}{\delta_1}}=\frac{\frac{2}{3}M^{5}_{mP}\frac{\delta_1}{\delta_2}}{B}$. Ainsi, pour la première hypothèse de surcharge, par exemple, on porte $a'_1b'_1=\frac{2}{3}M^{1}_{mP}$, et l'on a, en tirant oa'_1, ob'_1 : $\frac{a_1b_1}{a'_1b'_1}=\frac{B}{B\frac{\delta_2}{\delta_1}}$; d'où

$a_1b_1=a'_1b'_1\frac{\delta_1}{\delta_2}=\frac{2}{3}M^{1}_{mP}\frac{\delta_1}{\delta_2}$; a_1b_1 est donc bien la charge fictive.

Le polygone des charges fictives, ou deuxième polygone des forces, correspondant à la première hypothèse de surcharge est $a_1b_1c_1d_1e_1f_1$; celui qui correspond à la deuxième est $a_{II}b_{II}c_{II}d_{II}e_{II}f_{II}$.

Les polygones funiculaires correspondants, ou deuxièmes polygones funiculaires des charges réduits, sont respectivement $\alpha_1\beta_1\gamma_1\delta_1\varepsilon_1\eta_1\sigma_1$, $\alpha_{II}\beta_{II}\gamma_{II}\delta_{II}\varepsilon_{II}\eta_{II}\sigma_{II}$. Leurs lignes de fermeture $\alpha_1\sigma_1$, $\alpha_{II}\sigma_{II}$ n'ont pas été tracées comme étant inutiles.

3° Tirer, par différence entre les ordonnées définitives données et les ordonnées de charges réduites, les ordonnées de réactions réduites aux points d'appuis intermédiaires. — Ici, les appuis étant de niveau, les ordonnées définitives sont nulles, et les ordonnées de réactions réduites sont égales aux ordonnées de charges réduites et de signes contraires. On peut donc dire, en renversant la convention relative aux signes, que les ordonnées de réactions réduites sont représentées par les portions de verticales des appuis comprises entre les deuxièmes polygones funiculaires des charges réduits et leurs lignes de fermeture.

Ces lignes de fermeture ne sont pas nécessairement horizontales ; ce qui n'influe nullement sur les constructions ultérieures.

4° Tracer, au moyen des ordonnées de réactions, le deuxième polygone funiculaire des réactions réduit, et remonter de ce polygone funiculaire aux moments de réactions réduits sur piles, c'est-à-dire aux moments

fléchissants sur piles. — Le tracé du deuxième polygone funiculaire des réactions réduit s'effectue comme il a été dit n° 37. Nous ne traçons que les côtés de rang pair qui seuls sont utiles.

Pour remonter aux valeurs des moments de réactions réduits sur piles (ou aux moments fléchissants sur piles qui leur sont égaux), on s'appuie sur ce que les parallèles aux côtés de rang pair du deuxième polygone funiculaire des réactions réduit, menées par un pôle quelconque, interceptent, sur une verticale située à une distance B de ce pôle, les quantités :

$$\mu^1\frac{\delta_1+\delta_2}{2\Delta},\ \mu^2\frac{\delta_2+\delta_3}{2\Delta},\ \mu^3\frac{\delta_3+\delta_4}{2\Delta},\ \mu^4\frac{\delta_4+\delta_5}{2\Delta}.$$

ou, puisque $\Delta=\delta_2=\delta_3=\delta_4$, et que $\delta_1=\delta_5$:

$$\mu^1\frac{\delta_1+\delta_2}{2\delta_2},\ \mu^2\quad,\ \mu^3\quad,\ \mu^4\frac{\delta_1+\delta_2}{2\delta_2}.$$

Au lieu de mener ces parallèles, nous traçons, à gauche, par exemple, des contre-verticales des piles A_2 et A_3, des verticales distantes de B de ces contre-verticales ; les segments, interceptés sur ces verticales par les côtés de rang pair qui se coupent sur les contre-verticales considérées, représentent μ^2 et μ^3 (à l'échelle de $0^m,005$ p. 100.000). — A gauche des contre-verticales des piles A_1 et A_4, et à une distance $B\frac{2\delta_2}{\delta_1+\delta_2}$, nous menons des verticales sur lesquelles les côtés de rang pair, qui se coupent sur ces contre-verticales, interceptent les quantités μ^1, μ^4 (à l'échelle de $0^m,005$ p. 100.000).

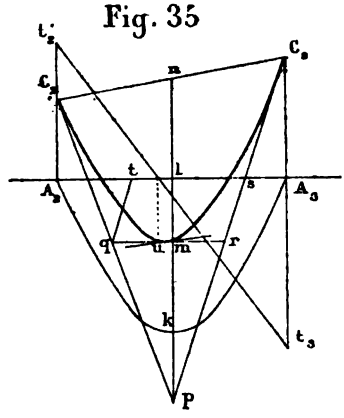
La construction de la longueur $B\frac{2\delta_2}{\delta_1+\delta_2}$ est indiquée sur l'épure.

Nous donnons aux moments sur piles ainsi déterminés un indice en chiffres romains, qui indique le numéro de l'hypothèse de surcharge à laquelle ils correspondent.

5° Cumuler, en tenant compte de leurs signes, les moments de charges réduits, et les moments de réactions réduits, ce qui donne les moments définitifs en chaque point. — Nous traçons d'abord le diagramme des moments de réactions réduits $A_0(C_1)_I(C_2)_I(C_3)_I(C_4)_IA_5$ pour la première hypothèse et $A_0(C_1)_{II}(C_2)_{II}(C_3)_{II}(C_4)_{II}A_5$ pour la deuxième. Cela fait, considérons la travée de rang 3, par exemple : C_2C_3 y représente les

moments de réactions réduits, et la parabole A_2kA_3 les moments de charges réduits *(fig. 35)*. En cumulant les ordonnées de la parabole A_2kA_3 et celles de la droite C_2C_3, on obtient une parabole C_2mC_3 passant en un point (m), tel que $mn = kl = M^3_{mp}$. (np étant l'axe de la travée.)

Fig. 35



Les tangentes en C_2 et C_3 à la parabole se coupent en (p), tel que $np = 2mn = 2M^3_{mp}$.

On peut, dès lors, construire cette parabole comme *enveloppe d'une droite dont la projection horizontale est constante et égale à* $\frac{\delta_3}{2}$, *et dont les extrémités s'appuient sur* C_2p *et* C_3p.

Cette manière d'engendrer la parabole donne immédiatement la construction du moment maximum dans la travée. En effet, en ce point (u) la tangente à la parabole est horizontale; elle rencontre C_2p et C_3p en (q) et (r); la projection horizontale de qr est égale à $\frac{\delta_3}{2}$, d'après ce qui vient d'être dit; donc $qr = \frac{\delta_3}{2}$. D'où la construction suivante : porter $st = \frac{\delta_3}{2}$ et mener tq parallèlement à C_3p: l'horizontale du point (q) est la tangente cherchée ; son ordonnée représente le moment maximum dans la travée A_2A_3.

II° Efforts tranchants.

Nous leur appliquons la méthode du n° 49. D'après ce qui a été dit plus haut, pour que les efforts tranchants soient obtenus à l'échelle de $0^m,005$ p. 10.000, on doit prendre les pôles (ρ) à des distances A des appuis, égales à $0^m,020$.

Nota. — Le point où la droite représentant les efforts tranchants dans une travée rencontre l'horizontale des appuis correspond au maximum du moment fléchissant dans la travée. La verticale de ce point passe donc par le sommet de la parabole des moments, sommet dont la tangente a été déterminée précédemment.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Préambule 235

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE PREMIER. — Méthode générale de calcul des poutres droites à plusieurs travées, reposant librement ou encastrées sur leurs appuis. 236

CHAPITRE II. — Complément de méthode analytique ayant pour objet la détermination directe des moments fléchissants dus aux réactions sur piles 278

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE PREMIER. — Détermination graphique des moments fléchissants développés par l'application de charges quelconques, dans une poutre continue reposant sur des appuis situés à des niveaux quelconques . 293

CHAPITRE II. — Complément de méthode graphique ayant pour objet la détermination directe des moments fléchissants sur piles 326

ANNEXES

ANNEXE I. — Application de la méthode analytique au calcul d'une passerelle à trois travées 331

ANNEXE II. — Note sur le premier polygone funiculaire 338

ANNEXE III. — Sur la représentation graphique de la ligne moyenne fléchie 340

ANNEXE IV. — Application de la méthode graphique à une poutre de pont à cinq travées 342

CHRONIQUE

Sommaire. — Le gaz naturel aux États-Unis. — Les ateliers de Baldwin (*Suite et fin*). — Sous-produits de la fabrication du coke. — Le système métrique et ses adversaires. — Les chemins de fer au Japon.

Le gaz naturel aux États-Unis. — L'emploi du gaz naturel comme combustible semble être entré tout à fait dans la pratique industrielle dans certaines régions des États-Unis. Voici, à ce sujet, d'intéressants renseignements extraits d'une communication faite par M. A. Carnegie à l'*Iron and Steel Institute*.

On avait depuis longtemps remarqué que certains puits forés pour obtenir du pétrole ne donnaient que du gaz au lieu de liquide, et on avait, dans plusieurs endroits, utilisé ce gaz pour le chauffage des chaudières des machines servant à pomper l'huile; mais ce n'est que plus tard qu'on eut l'idée de conduire ce gaz à distance pour l'employer dans les usines métallurgiques de Pittsburg, la localité industrielle la plus voisine. Les premières applications ne furent pas assez heureuses pour attirer l'attention; on eut beaucoup de désagréments par suite du débit irrégulier des puits, des fuites dans les conduites et de défauts dans les appareils brûleurs.

Il y a environ sept ans, une compagnie forait un puits à Murraysville, à 30 kilomètres environ de Pittsburg. On était parvenu à la profondeur de 400 mètres, lorsque la sonde fut brusquement refoulée et projetée en l'air à une grande hauteur, tandis que la chèvre était brisée et les fragments dispersés par un terrible échappement de gaz.

Le bruit causé par la colonne gazeuse s'entendait à 10 kilomètres. On ajusta des tuyaux de 5 centimètres à la bouche du puits et on enflamma le gaz, ce qui produisit une flamme énorme qui éclaira tout le pays. Bien que le puits ne fût pas à une bien grande distance d'usines métallurgiques, on laissa brûler en pure perte ce combustible naturel pendant cinq ans. A cette époque, le charbon était moins cher qu'aujourd'hui et on ne voulait pas mettre une somme assez importante aux travaux de conduite du gaz. On dépensait 3 fr. 75 de combustible par tonne de rails

achevés, et cette dépense ne paraissait pas assez importante pour justifier l'immobilisation d'un capital de plusieurs millions de francs.

Il y a deux ans, une compagnie offrit de poser les conduites et d'amener le gaz à ses frais dans les usines, moyennant le payement annuel d'une somme égale à la somme dépensée pour le charbon jusqu'à concurrence du prix d'établissement des conduites, l'annuité étant, après, réduite à la moitié de la somme qui aurait été dépensée pour le charbon. Il a suffi de dix-huit mois pour payer la conduite, et maintenant les forges réalisent une économie de moitié sur leur dépense précédente de combustible. Depuis, d'autres compagnies ont établi des lignes de conduites des puits jusqu'à des distances de 25 à 30 kilomètres.

M. Carnegie, en visitant le district principal du gaz naturel, à Murraysville, a constaté l'existence de neuf puits, dont l'un est estimé débiter 800,000 mètres cubes de gaz par vingt-quatre heures. La partie où se trouve le gaz a 800 mètres de large sur 6 à 8 kilomètres de longueur. Au delà, on trouve des sources d'eau salée qui empêchent le dégagement du gaz. Il y a une dépression qui interrompt la couche, et on n'en a pas encore recherché la continuation, mais on la trouvera sans nul doute à quelque distance. Il y a un autre district, celui de Washington, à 30 kilomètres au sud-ouest de Pittsburg, où il y a quatre puits en fonctionnement et plusieurs en forage. Plus à l'ouest, est un autre gisement qui alimente quelques usines à Rochester et Bever-Falls. Enfin, en continuant à tourner autour de Pittsburg, on rencontre au nord-ouest le gisement de Butler, et, près de la rivière Alleghany, celui de Terentum, qui fournit une partie importante du gaz consommé dans le pays. Il y a donc cinq gisements de gaz autour de Pittsburg, à une distance de 25 à 30 kilomètres de cette ville. Dans la ville même, on a foré quelques puits, mais la faille existe probablement au centre du cercle, car, bien qu'on y ait trouvé du gaz, l'irruption de l'eau salée a arrêté son dégagement.

A Murraysville, la sortie du gaz a lieu avec une vitesse telle, par des tubes de $0^m,15$ de diamètre, que le gaz ne s'enflamme qu'à une distance de près de 2 mètres de l'orifice. La flamme forme une colonne de feu, sans donner la moindre apparence de fumée.

On estime le coût des conduites au prix, assurément très bas, de 23,000 francs le kilomètre, de sorte que la dépense pour amener le gaz à Pittsburg s'élève à 675,000 francs. Le forage coûte à peu près 25,000 francs. Voici comment on procède : on installe une chèvre et on commence par descendre dans le terrain d'alluvion un tube en fer de $0^m,15$ de diamètre jusqu'à une profondeur de 20 à 30 mètres. On emploi ensuite des trépans pesant de 1,200 à 1,500 kilogrammes, avec une levée de $1^m,20$ à $1^m,50$, mus par la vapeur, laquelle est obtenue avec du gaz amené des puits voisins par une petite canalisation provisoire. On fore ainsi un trou de $0^m,20$ jusqu'à une profondeur de 150 mètres, et on y met un tube de $0^m,14$ pour empêcher l'accès de l'eau des couches supérieures : on continue le sondage sur $0^m,15$ de diamètre jusqu'à ce qu'on trouve le gaz ; on tube alors avec des tuyaux de $0^m,10$ de diamètre. Le forage du puits et

le tubage durent de quarante jours à deux mois. La plus grande production atteinte par un puits est de 800,000 mètres cubes par vingt-quatre heures, comme il est indiqué plus haut, mais la moitié de ce chiffre est indiquée comme un bon rendement. La pression à la sortie du puits atteint quelquefois 14 kilogrammes par centimètre carré et, sur les lieux de consommation, c'est-à-dire à 15 ou 20 kilomètres du puits, la pression est encore de 5 kilogrammes. On fait souvent, aux environs des puits, agir la pression des gaz sur de petites machines pour obtenir de la force motrice.

Il y a actuellement onze lignes de conduites différentes pour desservir les établissements industriels des environs de Pittsburg. Le diamètre maximum atteint $0^m,305$; le diamètre de $0^m,20$ est très employé ; à l'origine, on n'avait posé que des tuyaux de $0^m,15$. On perd encore actuellement la plus grande partie du gaz en attendant que son emploi soit devenu général dans les usines.

On estime que les forges et aciéries de la ville de Pittsburg consomment environ 166,000 *bushels* (1) de charbon par jour, et, bien que le combustible gazeux ne soit en usage que depuis deux ans, on en consomme déjà l'équivalent de 40,000 bushels de charbon par jour, soit à peu près le quart de la consommation totale. Des verreries, qui brûlaient journellement 10,000 bushels de charbon, n'emploient plus que le gaz naturel.

En dehors de la ville même, la consommation de gaz est à peu près la même. On estime que l'emploi général du gaz économiserait le travail journalier de 5,000 ouvriers.

A côté de l'économie, il y a la question très importante de la pureté du combustible, avantage capital pour la métallurgie, la verrerie et autres applications industrielles.

En présence de la quantité indéfinie de gaz dont on peut disposer, on n'a pas jusqu'ici cherché à l'économiser et on n'a employé pour le brûler que des dispositions primitives. Mais on s'occupe maintenant d'employer ce gaz pour l'éclairage, pour lequel il a une grande supériorité sur le gaz de houille ; on dit même que, fût-il cher au lieu de l'être beaucoup moins, il y aurait encore avantage à l'employer pour l'éclairage.

L'emploi du gaz naturel a amené un résultat très appréciable à première vue. Une région primitivement aussi noire qu'aucun district métallurgique au monde, est en train de devenir aussi propre qu'un pays où la houille serait inconnue. Des aciéries où on voyait trente chauffeurs nus jusqu'à la ceinture, travaillant pendant huit heures (soit 90 chauffeurs pour les 24 heures), au chauffage des chaudières dévorant 400 tonnes de combustible par jour, n'exigent plus qu'un seul homme pour veiller à l'alimentation de tous les générateurs. On ne sait plus ce que c'est que la fumée. Les parois des anciennes soutes à charbon avoisinant les fours à puddler sont aujourd'hui peintes en blanc.

Il ne faut pas se dissimuler qu'il y a certaines précautions à prendre

(1) Le *bushel* de Pittsburg est de 76 livres, soit 34,5 kilogrammes.

avec l'emploi du gaz. Les canalisations sont à surveiller; les fuites de gaz ont quelquefois amené des explosions, surtout en hiver, lorsque la terre est gelée et s'oppose à l'infiltration du gaz qui, alors, se répand dans des espaces où il peut s'enflammer. Dans les usines, on place autant que possible les tuyaux hors du sol.

Le rapport suivant, rédigé par une commission de la Société américaine des Ingénieurs Mécaniciens, peut donner une idée de la valeur du nouveau combustible.

Le gaz naturel est, après l'hydrogène, le combustible gazeux le plus puissant; il est en même temps très économique, parce qu'on peut utiliser presque toute sa capacité calorifique. Comme il est très pur et notamment exempt de soufre, il est bien supérieur à la houille pour les applications industrielles. Son emploi est très avantageux pour la production de la vapeur; on peut régler l'arrivée de l'air d'une manière constante, sans que l'ouverture des portes vienne amener des refroidissements; on n'a plus besoin d'hommes que pour surveiller l'alimentation d'eau, et encore on peut s'en dispenser si on consent à s'en rapporter à des appareils automatiques. La durée des chaudières est prolongée, car on n'a plus à craindre les effets dangereux des dilatations et contractions amenées par les courants d'air froid qui viennent frapper directement les parois chaudes des surfaces de chauffe.

On a fait des expériences au point de vue de la valeur du gaz naturel pour la production de la vapeur au moyen d'une chaudière de 1 mètre de diamètre et 3 mètres de longueur, munie de tubes de $0^m,10$. On la chauffa d'abord avec de la houille de Youghiogheny, cassée en morceaux d'environ $0^m,10$ de grosseur, et le chauffage fut conduit de manière à avoir les résultats les plus avantageux, le tirage se faisant par une cheminée ordinaire. La plus haute valeur de la vaporisation a été 9 kilogrammes de vapeur par kilogramme de combustible; celui-ci donnait ainsi 61 pour 100 en nombres ronds de sa capacité calorifique théorique.

On brûla ensuite du gaz sous la chaudière, mais en modifiant le foyer; en admettant le poids spécifique du gaz à raison de $0^k,649$ le mètre cube, la vaporisation a atteint 20,3 d'eau pour 1 de combustible, soit 83,4 pour 100 de la capacité calorifique théorique. La combustion se faisait lentement avec de la vapeur à une pression très voisine de la pression atmosphérique. La vaporisation se faisait presque entièrement par l'enveloppe de la chaudière et presque pas par les tubes, dont on pouvait boucher la plus grande partie, à l'exception de ce qui était nécessaire pour le passage des gaz brûlés.

M. S.-A. Ford, des aciéries d'Edgard Thomson, une des premières autorités du jour sur la question, a fait de nombreuses analyses du gaz naturel; il constate tout d'abord que la composition du gaz est très variable d'un puits à l'autre. Ainsi, par exemple, pour l'azote, la proportion varie de 0 à 23 pour 100, pour l'oxygène, de 0,4 à 4 pour 100, etc.

Nous croyons devoir reproduire quelques-unes de ces compositions. Les quatre premiers échantillons ont été pris sur le même puits, à des

époques peu différentes ; les deux autres proviennent d'autres puits. On y a joint le pouvoir calorifique par mètre cube.

	N° 1	N° 2	N°3	N° 4	N° 5	N° 6
Date des essais.....	28 octobre 1884	29 octobre 1884	24 novembre 1884	4 décembre 1884	18 octobre 1884	25 octobre 1884
Acide carbonique...	0.80	0.60	0	0.40	0	0.30
Oxyde de carbone..	1.00	0.80	0.58	0.40	1.00	0.60
Oxygène.....	1.10	0.80	0.78	0.80	2.10	1.20
Gaz oléfiant.....	0.70	0.80	0.98	0.60	0.80	0.60
Ethylène.....	3.60	5.50	7.92	12.30	5.20	4.80
Gaz des marais....	72.18	62.25	60.70	49.58	57.85	75.16
Hydrogène.....	20.02	26.16	29.03	35.92	9.64	14.45
Azote.....	0	0	0	0	23.41	2.89
Pouvoir calorifique.	7.287	6.988	6.272	7.458	5.923	7.456

Si on compare le pouvoir calorifique à volume égal avec celui du gaz provenant des gazogènes Siemens, on constate une supériorité énorme en faveur du gaz naturel, les pouvoirs calorifiques de 1 mètre cube de gaz des gazogènes variant, selon les échantillons, de 3,300 à 5,800 calories.

Si on prend, pour le gaz naturel, la composition moyenne suivante :

	Pour 100
Acide carbonique.	0,60
Oxyde de carbone	0,60
Oxygène.	0,80
Gaz oléfiant	1,00
Éthylène.	5,00
Gaz des marais.	67,00
Hydrogène.	22,00
Azote.	3,00
	100,00

En admettant un poids moyen de $0^k,6486$ par mètre cube et en prenant les pouvoirs calorifiques de chaque élément combustible, on arrive à un pouvoir calorifique total de 7,897 calories.

Par un calcul très simple que nous ne reproduirons pas, on trouverait que 1 mètre cube de gaz naturel, pesant $0^k,6486$, a la même puissance calorifique que $0^k,913$ de carbone ; par conséquent, une tonne de coke contenant 900 kilogrammes de carbone, aura pour équivalent calorifique 986 mètres cubes de gaz naturel.

Si la tonne de coke coûte 14 francs, le mètre cube de gaz vaudra 0 fr. 014 environ, eu égard à son pouvoir calorifique.

Disons, en passant, que le puits dont il a été question plus haut et qui débite 800,000 mètres cubes par vingt-quatre heures, représenterait une production de houille de 1,000 tonnes et une valeur de 11,200 francs par jour, sur les bases ci-dessus.

Si on fait la même comparaison entre le gaz naturel et le charbon bitumineux de Pensylvanie, on trouve qu'une tonne de ce dernier a pour équivalent 867 mètres cubes de gaz naturel et, si ce charbon coûte 7 francs la tonne, le gaz naturel vaudrait 8/10 de centime par mètre cube.

Enfin, la comparaison avec l'anthracite donne un équivalent de 929 mètres cubes par tonne, et, en comptant le prix de l'anthracite à 30 francs la tonne, on trouverait 3 cent. 25 pour la valeur du mètre cube de gaz naturel.

Il est difficile de formuler des prévisions sur la permanence de ces énormes quantités de gaz; mais, lorsqu'on voit des territoires d'huile qui donnent 70,000 barils de pétrole par jour et dont la production s'accroît d'année en année depuis vingt ans, on ne peut s'empêcher d'admettre l'opinion des personnes compétentes, qui pensent que la région gazifère suffira aux besoins de Pittsburg et de ses environs, au moins pendant la génération actuelle.

Dans la discussion qui a suivi, M. J. Lowthian-Bell a fait observer avec beaucoup de justesse que les énormes volumes de gaz débités par les puits dont il a été question, feraient supposer, à moins d'admettre une condensation sous des pressions dépassant tout ce qu'on peut admettre raisonnablement, l'existence de cavités souterraines d'une étendue non moins difficile à admettre; comme, de plus, on constate que la pression considérable sous laquelle le gaz se débite n'a pas varié sensiblement depuis plusieurs années, on est conduit à conclure que le gaz se produit constamment au fur et à mesure de sa consommation par une réaction qui nous est encore inconnue.

Les ateliers de Baldwin *(suite et fin)*. — La production des ateliers, qui s'est largement développée avec l'accroissement du réseau de chemins de fer des États-Unis, s'élevait en 1871 à 331 locomotives et en 1872 à 422.

Parmi les commandes importantes, on peut citer celle de 90 locomotives faite en 1870-71 par le Northern Pacific Railroad, et celle de 124 du Pennsylvania Railroad en 1872-73.

Le chemin de fer russe de Veronef-Rostoff commanda, en 1872, dix locomotives pour brûler de l'anthracite, dont six types *Mogul*, à cylindres de $0{,}483 \times 0{,}610$, avec roues de $1^m{,}372$, et quatre à voyageurs, modèle américain, à cylindres de $0^m{,}432 \times 0^m{,}610$, et roues de $1^m{,}677$. Il a été également fourni, en 1872-73, neuf machines type américain, à cylindres de $0^m{,}382 \times 0^m{,}610$ et roues de $1^m{,}525$ pour le chemin de fer de Hango-Hywinge, en Finlande.

Les premières locomotives américaines pour les Nouvelles-Galles du Sud et le Queensland furent construites chez Baldwin, en 1877, et furent suivies de nouvelles commandes en 1878 et 1879. Six machines, type *Consolidation*, pour voie de $1^m,067$, furent construites pour la Nouvelle-Zélande et deux machines à marchandises à six roues couplées et avant-train mobile, pour le gouvernement de Victoria.

Quatre machines du même type, à dix roues, dont six accouplées et à cylindres de $0^m,405 \times 0^m,610$, ont été fournies aux chemins de fer norwégiens.

Les ateliers Balwin ont construit en 1878 quarante fortes locomotives type *Mogul*, à cylindres de $0^m,483 \times 0^m,610$ et roues de $1^m,372$ de diamètre pour deux lignes russes, le chemin de Koursk, Charkof, Azof, et celui d'Orel Griarzi. La commande fut faite le 16 décembre 1877, et, comme les machines devaient être livrés en Russie au mois de mai suivant, on dût organiser le travail en conséquence.

Le personnel fut porté en quinze jours de 1,100 à 2,300 ouvriers, et la première machine fut achevée de monter et essayée sous pression le 5 janvier, trois semaines après la commande ; la dernière fut achevée le 13 février. Les quarante machines furent donc construites en huit semaines, pendant lesquelles on travailla également à vingt-huit autres machines qui furent en partie achevées et livrées pendant cette période.

C'est en 1878 que fut achevée, pour le New-Mexico and Southern Pacific Railroad, la plus forte machine construite jusqu'alors par la maison Baldwin. C'était une machine type *Consolidation*, à cylindres de $0^m,508 \times 0^m,662$ et roues de $1^m,066$ de diamètre. Cette machine portant ses approvisionnements pesait 52,000 kilogrammes ; elle était destinée au service d'une ligne provisoire à forte rampe traversant les Montagnes-Rocheuses.

La situation des ateliers, dans une des grandes villes manufacturières des États-Unis, est particulierement favorable ; elle facilite les approvisionnements en matières premières et combustibles par la proximité des centres de production ; le recrutement des ouvriers spéciaux est aisé. On fait dans les ateliers toutes les pièces entrant dans la construction des locomotives et tenders, à l'exception des tôles, bandages, roues en fonte trempées et tubes de chaudières. Le matériel est très complet et comprend nombre de machine-outils spéciales pour le travail des locomotives. On conserve les dessins et modeles complets de plus de cinq cents types différents de locomotives pour tout écartement de voie et toute espèce de service.

Les ateliers se sont agrandis successivement au fur et à mesure de l'extension de la production, et ils occupent actuellement près de 40,000 mètres de terrain ; la façade est sur Broadstreet et s'étend de Pennsylvania Avenue à Spring Gardenstreet et de Broadstreet à la quinzieme rue ; les établissements occupent, en outre, un îlot complet entre les quinzième et seizième rue et Hamiltonstreet et Buttonwoodstreet, ainsi

que la plus grande partie de deux autres îlots situés entre les dix-septième et dix-huitième rues et Buttonwood-street et Pensylvania Avenue. On a élevé récemment à l'angle de Broad-street et de Spring Garden-street une grande construction en briques, dont le premier étage est occupé par l'administration et le second par le bureau de dessin.

A côté de ce bâtiment est le montage, au sud duquel sont la chaudronnerie, l'atelier des roues et l'atelier d'ajustage, qui occupent tout l'espace entre Broadstreet et la quinzième rue et Buttonwoodstreet et Hamilton-street. Les constructions qui occupaient primitivement cet espace et qui avaient été élevées en 1835 par M. Baldwin, ont été incendiées en 1884, et on les a remplacées par un bâtiment à quatre étages, dont trois sont occupés par des machines-outils et dont le quatrième sert de magasin.

Dans l'atelier des roues, on ne fait que les tourner, elles sont faites au dehors. Dans la chaudronnerie, la plus grande partie du rivetage est fait à la presse hydraulique, qui a remplacé les riveuses à vapeur employées précédemment. Le reste des bâtiments en façade sur Broad-street est occupé par l'atelier des modèles et de la forge. La fonderie, fer et cuivre, occupe en entier l'îlot dont il a été question plus haut, et l'îlot partiel, dont il a été également parlé, renferme les ateliers des bois, des ressorts et des tenders.

La plus forte locomotive construite jusqu'ici par les établissements Baldwin a été terminée au mois de mars de cette année, c'est le *Decapod* auquel nous avons consacré un article dans la chronique d'avril, page 579, destiné au chemin de fer de Don Pedro II du Brésil.

Une particularité caractéristique du travail dans les ateliers de Baldwin est l'emploi général des calibres et des gabarits, lesquels sont confectionnés et conservés dans un atelier spécial contenant des outils appropriés et un personnel uniquement consacré à ce travail. Les calibres originaux servent d'étalons et ne sortent jamais de cet atelier, c'est d'après eux qu'on exécute les calibres de travail qui sont fréquemment vérifiés d'après les types.

Tout est fait d'après les calibres; les longerons sont rabotés, mortaisés et percés sur calibres, les cylindres alésés et dressés, les bandages tournés intérieurement et extérieurement, les essieux, toutes les pièces du mouvement sont travaillées de même; il n'est pas un trou qui ne soit percé d'après un calibre, de manière que toutes les pièces semblables des machines soient rigoureusement uniformes et puissent être remplacées les unes par les autres. Ce système était déjà en usage avant la mort de M. Baldwin.

Les ateliers en plein travail occupent 3,000 ouvriers et peuvent produire 600 locomotives par an.

L'*Industrial Review*, de laquelle nous avons résumé ce qui précède, donne année par année la production de locomotives depuis 1842. Nous nous contenterons de reproduire quelques-uns de ces chiffres.

Années.	Locomotives.	Années.	Locomotives.
—	—	—	—
1842	14	1869	235
1843	12	1870	280
1844	22	1871	331
1845	27	1872	422
1846	42	1873	437
1852	49	1876	232
1853	60	1877	185
1854	62	1878	292
1855	47	1879	398
1861	40	1880	517
1862	75	1881	555
1863	96	1882	563
1864	130	1883	557
1865	115	1884	429

Le nombre total de locomotives construites depuis 1842 jusqu'au 1er janvier 1885 s'élève au chiffre énorme de 7,415.

Sous-produits de la fabrication du coke. — Dans une usine de la haute Silésie, où les fours à coke, au nombre de trente, ont été modifiés pour permettre de recueillir les sous-produits de la fabrication du coke, le docteur W. Cohn a constaté les résultats suivants : 100 kilogrammes de charbon donnent 3 kilogrammes de goudron et 1 kilogramme de sulfate d'ammoniaque. On traite, dans les trente fours à coke, 50 tonnes de charbon par jour, ce qui produit 1,500 kilogrammes de goudron et 500 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque. A raison de 5 fr. 60 les 100 kilogrammes pour le goudron et de 31 fr. 25 pour le sulfate d'ammoniaque, et en déduisant les frais de traitement des eaux ammoniacales pour leur conversion en sulfate d'ammoniaque, on arrive à un produit de 184 fr. 30 par jour. Si on déduit l'intérêt, l'amortissement et l'entretien des appareils, etc., il reste 125 francs nets par jour, lesquels, appliqués à la production de 32,500 kilogrammes de coke, donnent une économie de 3 fr. 85 par tonne de coke, c'est-à-dire de moitié des frais de production. La fonte brute produite dans cette usine exige 2 tonnes de coke par tonne de fonte ; donc l'utilisation des sous-produits de la fabrication du coke permet de réduire de 7 fr. 70 le prix de revient de la fonte brute.

Le système métrique et ses adversaires. — Nous avons signalé, dans la Chronique de mai 1885, page 696, les progrès incontestables que faisait le système métrique aux États-Unis. Il ne faudrait pas en conclure que ses adversaires se tiennent pour battus ; on en a une preuve remarquable dans une communication faite récemment à l'*Institution of civil Engineers*, à Londres, sur la comparaison entre les mesures

métriques et les mesures anglaises au point de vue de l'art de l'ingénieur et surtout dans la discussion qui a suivi cette communication.

Bien que la majorité des membres qui y ont pris part ait paru favorable à l'emploi du système métrique, les autres ont invoqué contre lui des raisons qui méritent d'être rapportées.

Nous donnons, d'après l'*Engineering News*, un résumé des arguments présentés par les partisans des vieilles mesures.

Sir Frederic Bramwell, président de l'Institution, qui s'est distingué dans la défense du système anglais, a cru devoir rappeler le passage suivant d'un discours prononcé jadis au Parlement :

« Comment faire comprendre au vulgaire la traduction des demies et des quarts en langage décimal? Un 5 avec un point à gauche et 25 également avec un point en avant! Les gens familiers avec l'arithmétique comprennent et s'y habituent; mais il est beaucoup plus difficile de faire admettre ces relations par ceux qui n'en comprennent pas le point de départ. »

M. Barry repousse, pour sa part, la division décimale du pied; c'est fort heureux que le pied soit divisé en 12 parties. Quiconque a un peu de pratique apprécie les avantages de la divisibilité par 2, 3, 4 et 6. Avec le système décimal, la plupart des divisions ne donnent pas de chiffre exact, comme avec le système duodécimal; ce dernier est infiniment préférable pour l'ouvrier et également pour le calcul de tête.

M. Young appuie sur le point de la facilité du calcul : « Si, dit-il, un marchand cherche le prix de 17 yards à 5 pence 3/4 la yard, il ne commence pas par réduire les pence en farthings pour les multiplier après par 17 et revenir aux schellings et aux pence; il considère simplement que 17 six pence moins 17 farthings font 8 shellings 6 pence moins 4 pence 1/4, soit 8 shellings 1 penny 3/4, ce qui est fait en un instant.

« Avec le système décimal, il faudrait réduire en farthings et multiplier par les yards, de sorte que, à chaque moment, le marchand devrait recourir au crayon et au papier pour faire des calculs qu'il fait actuellement de tête. De plus, avec le système décimal, il faudrait mettre 25 farthings aux six pence au lieu de 24, ce qui serait très gênant, parce que 25 n'a qu'un diviseur, 5, tandis que 24 en a six : 12, 8, 6, 4, 3 et 2. »

Ce dernier argument amuse beaucoup les Américains, qui n'ont pas le malheur d'avoir 25 farthings dans six pence, mais celui bien plus grand d'avoir un dollar divisé en 100 cents et qui ne s'aperçoivent pas du tout de la gêne extraordinaire que cette division doit introduire dans leurs transactions commerciales.

Les dollars et les cents sont en usage à Terre-Neuve, au Canada, au Honduras et dans quelques parties des Indes occidentales, à Hong-Kong, à Singapore, etc.; les roupies avec division centésimale sont employées à Ceylan et à Maurice.

Enfin, les monnaies avec divisions décimales sont adoptées sur tout le continent européen, au Mexique et dans l'Amérique du Sud, en Chine

et au Japon. Les millions d'hommes qui peuplent ces contrées ignorent les avantages de la division duodécimale si appréciée par les populations de la Grande-Bretagne et de quelques colonies anglaises.

Le journal américain raille aussi agréablement M. Barry au sujet de la prétendue supériorité de la division duodécimale du pied, division fort peu employée aujourd'hui aux États-Unis, ce qui n'empêche nullement d'y faire des machines, des navires, des chemins de fer, etc.

Un des arguments les plus extraordinaires invoqués dans la discussion qui nous occupe en faveur des mesures anglaises est la difficulté qu'il y a à en apprendre l'usage, ce qui est passablement en contradiction avec quelques-unes des raisons mises en avant par d'autres partisans de ce système.

On a avancé, dit M. Rodolphe de Salis, que le système métrique ou décimal était plus facile à apprendre ; c'est exact, mais c'est loin d'être un avantage ; on peut poser la proportion : le grec est au français comme le système des mesures anglaises est au système métrique au point de vue de l'éducation, et l'étude ardue des mesures anglaises doit développer les facultés mathématiques des élèves comme l'étude du grec développe les facultés littéraires.

L'*Engineering News* fait justement observer qu'on pourrait aller loin dans cet ordre d'idées et pense qu'on pourrait peut-être apprendre à lire aux enfants avec des lettres gothiques, comme l'ancien alphabet allemand, ou à compter avec des chiffres romains, pour leur donner un peu plus de peine et mieux développer leurs facultés.

Il est à remarquer toutefois, au milieu de cette discussion émaillée d'arguments grotesques, qu'on s'étonne de voir invoquer dans une société aussi éminente, que les adversaires sont tous d'accord au moins sur un point, la facilité avec laquelle peut être appris le système métrique. C'est ce qui ressort de plus net de la discussion.

Nous nous reprocherions toutefois de passer sous silence quelques-uns des arguments par lesquels les défenseurs des mesures anglaises invoquent en leur faveur l'avantage de la simplicité.

On dit qu'avec le système métrique il y a identité entre le litre d'eau et le kilogramme, le mètre cube d'eau et la tonne, et que, par conséquent, on connaît immédiatement le poids d'un volume d'eau.

Sir Frederic Bramwell fait remarquer que cette identité n'est qu'exceptionnelle, attendu qu'elle suppose de l'eau distillée à son maximum de densité, cas qui ne se présente, pour ainsi dire, jamais en pratique. D'ailleurs, il en est de même pour les mesures anglaises ; une hauteur d'eau de 1 pouce, couvrant un acre de terre, représente 100 tonnes, ou, pour être tout à fait exact, 101 tonnes. Un tuyau de 1 pouce de diamètre contient par 10 yards de longueur 1 gallon à bière. Le journal américain fait remarquer que cet inappréciable avantage du système de mesures anglaises est malheureusement d'une utilité très limitée en pratique, attendu que le gallon à bière est une vieille mesure qui a disparu depuis longtemps et dont l'usage est aujourd'hui interdit sous peine

d'amende ; il termine en émettant le vœu que les autres gallons, les yards et toutes les baroques divisions de ce système suranné aillent le plus tôt possible rejoindre le gallon à bière.

Les chemins de fer au Japon. — La longueur totale des chemins de fer en exploitation actuellement au Japon est de 386 kilomètres ; la première ligne ouverte est celle de Tokio à Yokohama, de 32 kilomètres, mise en service en 1872. Cette ligne, qui a cinq stations intermédiaires, a coûté près de 15 millions de francs et a été faite par des ingénieurs anglais.

La ligne de Hiogo à Osaka a été ouverte en 1874 ; mais depuis elle a été prolongée par les deux extrémités et relie actuellement Kobe et Otsu sur une longueur totale de 100 kilomètres environ Il y a seize stations intermédiaires, et la ligne traverse les parties les plus riches du centre du Japon ; elle transporte de la soie, du thé, du coton, du riz, des céréales, etc., et de plus elle amène à l'intérieur les marchandises arrivant à Kobe, de l'étranger ou même du pays par mer. Ce chemin s'arrête à Otsu, sur les bords du lac Bima ; mais un autre commence sur la rive opposée de ce lac, à Nagahama et va de là au port de Tsuruga, sur la mer du Japon ; la distance est de 44 kilomètres. Cette dernière ligne a été ouverte en 1882, de sorte qu'on peut actuellement traverser le Japon entier en chemin de fer, à l'exception du lac Bima sur lequel est établi, entre les deux gares, un service de bateaux à vapeur.

Il a été établi une troisième ligne entre Magahama et Sekigahora Ohogaki sur une longueur de 98 kilomètres. Le terminus de Ohogaki, jusqu'où la ligne a été étendue tout récemment, est le chef-lieu de la province de Mino et une des places les plus commerçantes du Japon. La quatrième ligne n'a été commencée qu'en juin 1882 ; mais, au mois de juillet de l'année suivante, les trains allaient déjà jusqu'à Kumagai à 60 kilomètres de la capitale, et la ligne entière jusqu'à Takasaki a été inaugurée ce printemps par l'empereur en personne, ce qui indique la manière dont les chemins de fer sont considérés au Japon. Cette ligne a près de 100 kilomètres ; elle transporte à Tokio de grandes quantités de soie, de thé et de tabac provenant de diverses provinces.

Deux autres lignes sont en construction ; l'une va de Shinagawa, station du chemin de fer de Tokio à Yokohama, à Kawagutchi et l'autre de Takasaki à Mayebashi, un des centres de la production de la soie ; cette dernière, qui n'a que 11 kilomètres de longueur, sera ouverte cet automne.

Cinq autres lignes vont être entreprises ; la première de Urawa, station de la ligne de Tokio à Takasaki, à Aomori, ville à l'extrémité septentrionale de l'île de Niphon, longueur 720 kilomètres ; la seconde, de Takasaki à Ohogaki et Yokkaitchi, longueur 320 kilomètres ; la troisième, de Oneyda, dans la province de Shinavo, à Niiguta, longueur 240 kilomètres ; la quatrième, de Osaka à Sakai, longueur 11 kilomètres, et enfin la dernière, de Shizonoka à Shimidyn, dans la province de Tesu-

ruga, longueur 10 kilomètres. Ces lignes réunies présenteront un développement total de 1,300 kilomètres. On doit, en outre, exécuter sans délai une ligne de tramway entre Tokio et Kofu.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

JUILLET 1885.

Rapport de M. BRULL, sur le **Guide pour l'essai des machines à vapeur**, par M. Buchetti.

Rapport de M. DUFRESNE DE SAINT-LÉON sur les **procédés de moulage à l'aide de la gutta-percha rendue soluble par les corps gras,** dus à M. PELLECAT.

La gutta-percha se ramollit à chaud dans l'huile de lin, et la matière devient assez plastique pour donner un moulage parfait et elle durcit en se refroidissant.

Rapport de M. BARDY sur l'**emploi d'un nouveau produit dénommé caoutchoutine,** présenté par M. Ch. Barbier, pour l'entretien, la régénération et l'imperméabilisation des cuirs ouvrés en service.

Ce produit est un liquide qui sert à :

1° La régénération des cuirs indurés;

2° L'imperméabilité des cuirs neufs;

3° L'entretien des cuirs en service.

Le rapporteur, après avoir passé en revue ces trois parties de la question, conclut que si l'on se rend compte de la diversité et de l'universalité de l'emploi du cuir dans le monde entier (pour la France seule, le chiffre dépasse annuellement 300 millions), on doit comprendre qu'un procédé, permettant de prolonger la durée de service du cuir et s'opposant dans une certaine mesure à sa détérioration, doit avoir une grande portée économique.

La caoutchoutine semble résoudre heureusement les divers points du programme, et, si la pratique industrielle vient justifier les espérances fondées de l'auteur et sanctionner les expériences faites par le rapporteur, ce liquide paraît appelé à rendre de réels services.

Obsèques de M. Tresca.

Discours de M. Maurice Lévy.
— de M. Haton de la Goupillière.
— de M Ch. de Comberousse.
— de M. Laussedat.
— de M. Cauvet.
— de M. Noblot.
— de M. Louis Passy.

Chimie agricole. Dosage de l'acide phosphorique, par M. Aubin.

Notices industrielles. Les progrès de l'électricité en Amérique.

Nous trouvons dans le procès-verbal de la séance du 26 juin 1885 le résumé d'une communication faite par notre collègue, M. Ed. Simon, en offrant à la Société d'Encouragement, au nom de son auteur, un ouvrage intitulé : *le Tonkin industriel et commercial*, par M. Calixte Imbert, négociant à Haï-Phong; voici les points les plus importants de cette communication :

Le Tonkin a, sur la Cochinchine, un premier avantage climatérique, la *saison hivernale*. Le pays n'est pas affligé d'un été perpétuel, dont les chaleurs consécutives abattent les Européens. De mai à septembre, les fortes chaleurs coïncident avec la saison des pluies; mais, de septembre à avril (saison sèche), la température varie entre 15 et 7 degrés au-dessus de zéro. Beaucoup d'Européens, fatigués par les grandes chaleurs humides, se remettent très bien pendant la période hivernale.

Le Tonkin ne saurait être, d'après l'auteur, une colonie d'émigration pour les travailleur européens; d'ailleurs, la main-d'œuvre ne fait pas défaut dans le pays. Les qualités natives, les habitudes professionnelles des indigènes assurent, suivant M. Imbert, l'avenir industriel et commercial du Tonkin. Par contre, la sobriété et les goûts des Annamites et des Chinois, qui se contentent des produits du pays et d'une nourriture tout à fait insuffisante pour l'Européen, ne permettent pas de compter avant longtemps sur l'exportation de produits français de grande consommation.

Les colons doivent avoir pour objectif l'exploitation des richesses locales, le riz qui tient la première place et se prête à la création de fabriques d'alcool et d'amidon, les arachides, la canne à sucre, le café, les fibres textiles, coton, chanvre, ramée, soie, l'indigo, les bois, les minerais de plomb et de cuivre, extraits de longue date par des procédés primitifs qui n'ont point épuisé les gîsements.

M. Imbert a recueilli et offert au gouvernement une collection soigneusement classée de ces produits, laquelle se trouve exposée au ministère du commerce.

Des données qui précèdent résulte l'opportunité pour la France d'être représentée par la qualité bien plus que par la quantité de ses colons. Là s'ouvre pour nos jeunes compatriotes sortis des écoles de commerce, d'arts et manufactures, d'arts et métiers, d'agriculture, un champ nouveau et productif, à la condition de ne pas s'expatrier sans l'appui effectif de maisons sérieuses et de ne point chercher la fortune dans un simple voyage d'exploration.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Juillet 1885

Note sur la **détermination graphique des moments fléchissants** dans les pièces chargées de poids discontinus, par M. Ed. Collignon, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Cette note indique une méthode géométrique permettant de résoudre, d'une manière simple, rapide et rigoureuse, le problème des charges discontinues agissant sur une travée unique. Elle pourrait même s'étendre, à titre d'approximation, aux poutres droites à travées solidaires, sauf à prendre arbitrairement ou à déterminer par avance les points d'inflexion des diverses parties. Elle s'applique aussi, sans grande complication, au problème des charges discontinues pour les pièces courbes. Cette méthode a de plus l'avantage, dit l'auteur, de donner une traduction géométrique immédiate de ces quantités complexes que l'on nomme *moments des forces* et qui jouent un rôle si important dans la mécanique rationnelle.

Les **machines magnéto-électriques et l'arc voltaïque des phares**, par M. F. Lucas, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Cette note étudie la production de l'arc voltaïque au moyen des différentes machines magnéto-électriques en usage, la machine de l'Alliance, la plus ancienne, et la machine de Meritens la plus récente, en donnant la théorie de ces machines; elle examine ensuite la question des câbles conducteurs, des crayons à lumière et de l'arc voltaïque.

La conclusion est que, si les arcs voltaïques sont des foyers lumineux d'une grande puissance, ils sont malheureusement imparfaits, quant à la

stabilité de la lumière, et ils exigent une grande surveillance, de plus l'échauffement est très rapide. Un progrès considérable serait réalisé le jour où les grands foyers d'incandescence pourraient être substitués aux arcs voltaïques, et c'est dans cette voie qu'il faut chercher la future solution du problème de l'éclairage électrique des phares.

Modification de la formule d'intégration approchée de Simpson, par M. DE PERRODIL, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Note sur le **classement des routes départementales**, par M. P. ÉTIENNE, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Note sur le **Traité des ponts métalliques** de M. J. RESAL, ingénieur des ponts et chaussées, par M. FLAMANT, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Les eaux de Londres et d'Amsterdam, par M. COUCHE, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Ce travail est un rapport destiné à l'Administration municipale, et ayant pour but d'examiner, si, dans le système absolument différent du nôtre qu'ont adopté nos voisins, on pouvait faire pour Paris des emprunts utiles.

La note examine rapidement l'alimentation d'eau de Londres, la provenance et la composition des eaux, lesquelles offrent des conditions analogues, quoique un peu inférieures, à celles de nos eaux de la Seine et de la Marne; puis l'outillage, dont le caractère essentiel est le morcellement, puisqu'il n'existe pas moins de huit compagnies indépendantes qui desservent chacune un quartier déterminé; puis vient le mode d'exploitation et l'emploi de l'eau. L'auteur examine ensuite en quoi l'exemple de Londres peut nous éclairer.

Ses conclusions sont qu'il faut à Paris *plus d'eau qu'à Londres*, parce que le climat l'exige et surtout *d'autres eaux qu'à Londres et distribuées tout autrement*.

Il faut à Paris de l'eau de rivière pour les usages nombreux qui n'exigent pas de l'eau de qualité supérieure, parce que l'eau de source est nécessairement chère, et qu'il serait d'une souveraine imprudence de faire trop exclusivement reposer l'alimentation de la capitale sur des dérivations lointaines, impossibles à défendre en temps de guerre. Les eaux de source doivent être réservées exclusivement à l'alimentation. C'est dans cet ordre d'idées qu'on doit continuer les améliorations de la belle création de M. Belgrand.

M. Couche décrit sommairement le service d'eaux d'Amsterdam qui a pour particularités qu'il n'y a aux environs d'Amsterdam ni véritables sources, ni rivières d'eau potable, et qu'il ne s'y rencontre pas une éminence sur laquelle on puisse établir un réservoir de distribution.

L'eau pluviale est extraite des dunes d'Haarlem par un drainage très étendu formé de canaux qui n'ont pas moins de 18 kilomètres de longueur; l'eau est ensuite filtrée, puis refoulée par des machines jusqu'à Amsterdam. La distribution est continue, sur colonne et sans réservoir. Le volume journalier est de 16 à 18,000 mètres cubes seulement pour une population de 350,000 habitants, dont la propreté est proverbiale; il faut dire que toute l'eau de lavage se prend dans les canaux qui sillonnent la ville.

Construction d'un tunnel sous l'Hudson. Extrait du rapport de mission en Amérique de M. CADARD, ingénieur des ponts et chaussées.

Documents annexés au rapport de mission en Amérique de M. CADARD, ingénieur des ponts et chaussées.

Note bibliographique de M. ED. COLLIGNON, ingénieur en chef des ponts et chaussées, sur le **cours de mécanique et machines**, de M. BRESSE, inspecteur général des ponts et chaussées.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

JUILLET 1885

Note sur la **protection de la propriété industrielle**, par M. CH. GROSSETESTE-THIERRY.

C'est un résumé comparatif des législations des grands États de l'Europe, relativement aux brevets d'invention, avec quelques considérations sur la convention internationale de 1883.

Note sur un **nouveau bleu pour impression**, par M. ED. ULLRICH.

Étude sur la **composition, la chaleur de combustion et le rendement pratique d'une houille de la Ruhr** (mine d'Altendorf), par M. SCHEURER-KESTNER.

L'analyse élémentaire de cette houille a donné une proportion de cendres de 1.10 à 2.27 pour 100, la houille brute renfermant de 10 à 14. La composition de la houille peut être établie comme suit en moyenne :

	Houille pure.	Houille brute.
Cendres	0,	1,58
Carbone	89,92	88,50
Hydrogène	4,11	4,11
Azote	1,00	0,99
Oxygène	4,97	4,82
	100,00	100,00

La chaleur de combustion a été déterminée dans l'appareil Favre et Silbermann, et dans les conditions indiquées par MM. Scheurer-Kestner et Meunier Dollfus en 1879. On a trouvé 9,111 calories par kilogramme pour moyenne de trois expériences. Le calcul par la formule de Dulong donnerait 8,477 calories.

L'auteur, ayant toujours trouvé que le pouvoir calorifique, mesuré au calorimètre, est de 7 à 8 pour 100 supérieur au résultat que donne la formule de Dulong, conclut que celle-ci ne peut pas être considérée comme applicable aux houilles.

L'essai pratique a été fait avec les chaudières qui ont servi aux expériences de l'auteur en 1869. Il a duré cinquante-trois heures pendant lesquelles ont été vaporisés 57,920 litres d'eau à 26°,7, ce qui donne les résultats suivants :

Rendement de la houille brute humide en eau à 0°	7,82
— — — sèche —	8,26
— — pure et sèche —	9,41

Rapport sur une demande de concours des prix de MM. Dietsch frères, présenté, au nom du comité de chimie, par MM. G. Schaeffer, Koechlin et Noelting.

Note de M. le docteur Schoellhammer sur le travail de M. Mandel, intitulé : ***la Phtisie animale et la Transmission à l'homme.***

Résumé météorologique de l'année 1884, par M. G. Zweifel.

Notice nécrologique sur M. Zweifel, présentée par M. Aug. Dollfus.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 34. — 22 *Août* 1885.

Coup d'œil sur la vingt-sixième réunion générale de l'Association, à Stottin.

Exposition d'industrie et du travail manuel, à Gorlitz, en 1885, par H. Maihak.

Métallurgie. — Appareil à chauffer l'air de Long. — Laminoir à blooms des forges d'Ebbw Vale. — Arrêts de cages des mines de H. Ochwadt.

Groupe de Saxe. — Assimilation du système de la circulation du sang chez les animaux à une canalisation de distribution d'eau.

Patentes.

Bibliographie. — Prix de revient des transports par chemins de fer et par canaux, de Sympher.

Correspondance. — Régulateurs pour pompes à vapeur. — Système de chauffage de Frédéric Siemens.

N° 35. — 29 *Août* 1885.

Transmissions par câbles, de K. Keller.

Exposition d'industrie et de travail manuel, à Gorlitz, en 1885, par H. Maihak *(suite)*.

Construction des courbes de la forme $pv^k = const.$, par J. Taubeles.

Distribution d'eau d'Eupalinos (Grèce).

Machines-outils.

Groupe de Magdebourg.

Groupe de la Haute-Silésie. — Inondation à Czentochau.

Groupe de Saxe. — Assimilation du système de la circulation du sang chez les animaux à une canalisation de distribution d'eau *(fin)*.

Appareil de graissage à pompe, de Rost.

Graisseur Mollerup.

Patentes.

Bibliographie. — Ouvrages adressés à l'Association.

Correspondance. — Système Clapp-Griffith.

Variétés. — Tramways à câbles. — Expériences sur la vaporisation.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. Mallet.

PARIS, IMPRIMERIE CHAIX (S.-O.). — 25962-5.

Fig. 20

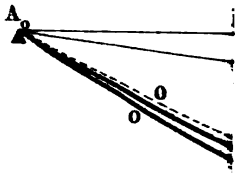
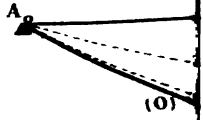
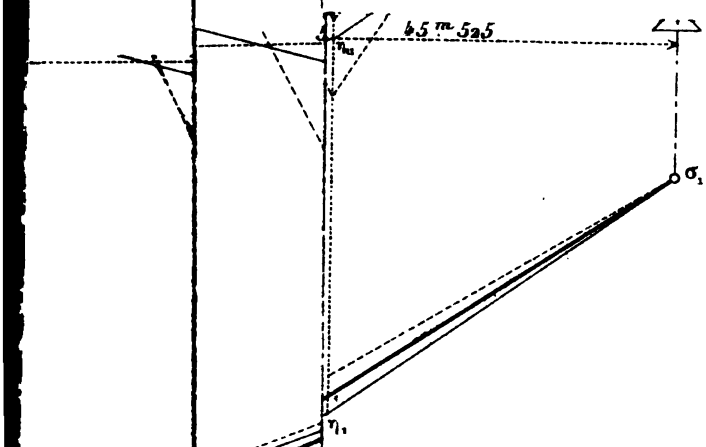


Fig. 21





ueurs : $0^{m},002$ p. $1^{m},000$

ents : $0^{m},005$ p. 100.000

rts tranchants : $0^{m},005$ p. 10.000

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

OCTOBRE 1885

N° 10

Sommaires des séances du mois d'octobre :

1° **Lecture**, par M. A. Mallet, d'une lettre ou note de M. Daniel Colladon sur ses *grands Appareils Dynamométriques applicables aux Machines marines* et sur ceux de M. Auguste Taurines (séance du 2 octobre, pages 374 à 391) ;

2° **Lettre** de M. W. Nordling, relative à la communication faite par M. Edmond Roy à la séance du 7 août 1885 (séance du 2 octobre, page 391) ;

3° **Lettre** de M. A. Léger sur *le chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon et sur ses origines*, et remarque de M. de Comberousse (séance du 2 octobre, pages 392 à 394) ;

4° **Lettre** du Syndicat des entrepreneurs de travaux publics de France, annonçant, pour le mois de décembre prochain, une Expo-

sition de l'Outillage des travaux publics (séance du 2 octobre, page 394) ;

5° Circulaire de M. le Ministre de l'Instruction publique, relative au Congrès des Sociétés savantes en 1886 (séance du 2 octobre, page 395) ;

6° Exposé par M. de Comberousse de la partie officielle du *voyage de la Société en Belgique*, du 8 août au 12 août 1885 (séance du 2 octobre, pages 395 à 406) ;

7° Compte rendu par M. Brüll des excursions organisées en l'honneur de la Société par l'*Association des Ingénieurs sortis de l'École de Gand*, du 13 août au 15 août 1885 (séance du 2 octobre, pages 406 à 410) ;

8° Compte rendu par M. Auguste Moreau, comme suppléant de M. Périssé, des excursions organisées en l'honneur de la Société par l'*Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège*, du 13 août au 15 août 1885 (séance du 2 octobre, pages 411 à 421) ;

9° Annonce par M. de Comberousse de la signature du Décret autorisant la Société à entrer en possession du *Legs Giffard* (séance du 16 octobre, page 422) ;

10° Note de M. Anthoni sur l'ouvrage de M. Emile Cacheux, intitulé : l'*Économiste pratique* (séance du 16 octobre, pages 423 à 428) ;

11° Note de M. Edouard Simon sur la *Convention internationale pour la protection de la propriété industrielle* (séance du 16 octobre, pages 428 à 434) ;

12° Communication de M. Ch. Assi, en son nom et en celui de M. Louis Genès, sur la *Convention internationale pour la protection de la propriété industrielle* (séance du 16 octobre, pages 434 à 444) ;

13° Observations présentées sur la note et la communication précédentes par MM. Casalonga, Albert Cahen, Edouard Simon, Ch. Assi, L. Genès, Armengaud et Mardelet (séance du 16 octobre, pages 444 à 450) ;

14° Rapport présenté par M. de Comberousse, au nom du Comité, sur la donation faite à la Société par madame Fusco (séance du 16 octobre, pages 450 à 453) ;

15° Vote de l'Assemblée, constituée en Assemblée générale extraordinaire, acceptant à l'unanimité, conformément à la proposition du Comité, le *Legs Fusco* sous bénéfice d'inventaire (séance du 16 octobre, page 453).

Pendant le mois d'octobre, la Société a reçu :

1° De M. D. Colladon, membre de la Société, un exemplaire d'un rapport de MM. Poncelet, Piobert et Coriolis, sur un mémoire de M. D. Colladon, relatif à un nouveau mode de mesure du travail des machines marines à vapeur et à un moyen d'évaluer la résistance que les navires à vapeur éprouvent dans leur marche *(extrait des Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences)*, et un exemplaire d'une note sur la balance dynamométrique établie à l'arsenal royal de Marine à Woolwich, pour l'usage de l'Amirauté anglaise, par M. D. Colladon *(extrait des Comptes rendus)*.

2° De M. Berthot, membre de la Société, un mémoire sur les *Forces mutuelles et leurs applications aux phénomènes mécaniques, physiques et chimiques* ;

3° De M. Seyrig, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage intitulé : *Éléments de Statique graphique appliquée aux constructions* (texte et atlas) ;

4° De M. Vuillemin, membre de la Société, un exemplaire des tomes II et III de son ouvrage sur le *Bassin houiller du Pas-de-Calais* ;

5° De M. Albert Urban, membre de la Société, deux exemplaires d'une note sur les *Carrières de porphyre de Quenast* ;

6° De M. Max de Nansouty, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur la *Télégraphie optique* ;

7° De M. Maisonneuve, membre de la Société, deux exemplaires de sa note sur une *Machine thermique* ;

8° De M. Bougarel, membre de la Société, un exemplaire du compte rendu de la *Distribution des prix aux apprentis de l'École professionnelle fondée par M. Gérard, mécanicien* ;

9° De M. Brehm, ingénieur, un exemplaire d'une notice sur les *Voitures à vapeur Rowan pour l'exploitation de tramways et de chemins de fer secondaires* ;

10° De la Société de Géographie italienne, un exemplaire du 2e volume des Actes du 3e *Congrès international de Géographie*, tenu à Venise, du 15 au 22 septembre 1881 ;

11° Un exemplaire des procès-verbaux des séances du *Congrès international de Navigation intérieure, tenu à Bruxelles, du 24 mai au 2 juin*, et un exemplaire des Mémoires publiés à l'occasion de ce même congrès.

12° De M. Gabriel Thareau, membre de la Société, une note sur l'Association parisienne des industriels, pour préserver les ouvriers des accidents du travail ;

13° De M. Carimantrand, membre de la Société, un exemplaire d'un article sur la navigation de la Seine (Extrait du *Petit capitaliste*) ;

14° De M. Corthell, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure intitulée : *The interoceanic Problem and its scientific solution* ;

15° De M. Louis Parent, membre de la Société, de la part de M. le docteur Paul Redard, un exemplaire de son ouvrage sur le transport par chemin de fer des blessés et malades militaires ;

16° De M. Brochocki, membre de la Société, un exemplaire de sa notice sur la charpente rigide à articulation démontable et extensible, destinée à la construction des ponts-volants et d'abris de toute nature.

Les Membres nouvellement admis sont :

Membres Sociétaires :

MM. Bouron, présenté par MM. Chauveau, Edoux et Supervielle.
Gaiffe, — Jousselin, Legat et Peignot.
Gruner, — Hallopeau, Périssé et Seyrig.
Guasco, — Baranger, Chassevent et L. Maiche.
Lelong, — Brûlé, Cerbelaud et Hauet.
Mlodecki, — Benoît-Duportail, A. Mallet et Regnard.
Musnier, — de Comberousse, Bourry et Périssé.
Saintigeon, — Brichaut, Leverbe et Taittinger.
De Schulthep, — de Comberousse, E. Polonceau et Périssé.

Membres Associés :

MM. Rogerson, présenté par MM. Gottschalk, Lavalley et Molinos.
Voisine, — Brichaut, Leverbe et Taittinger.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTOBRE 1885

Séance du 2 Octobre 1885

PRÉSIDENCE DE M. DE COMBEROUSSE

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. Bougère, ancien élève de l'Ecole centrale, banquier à Angers, membre de la Société depuis 1848, et celui de M. Jean Fleury.

Plusieurs de nos collègues ont reçu des décorations étrangères.

M. Charles Bourdon a été nommé chevalier de l'ordre de Léopold, M. Adolphe Violet, officier de l'ordre du Cambodge, et M. Letalle, commandeur de l'ordre impérial de l'Osmanié.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté, en tenant compte des développements ci-après.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, dans la dernière séance, M. de Cossigny avait écrit une lettre fort intéressante à propos des inventions dynamométriques de M. Taurines : il comparait ses travaux à ceux de M. Colladon. M. Mallet a répondu quelques mots, à ce sujet, et nous a fait espérer que M. Colladon pourrait nous donner des détails précieux sur ses propres travaux, et sur le dynamomètre employé en Angleterre, à l'arsenal de Woolwich.

En effet, M. Mallet a rapporté de son voyage en Suisse une note très instructive de M. Colladon, et il va nous la communiquer, comme se rapportant au procès-verbal de la dernière séance.

M. Mallet a la parole.

M. MALLET expose d'abord sommairement le but de M. Colladon. En dehors des explications qu'il donne sur les expériences qui ont servi de

point de départ à l'établissement de l'appareil de Woolwich, qui a rendu de grands services, M. Colladon s'est proposé de répondre à la lettre de M. de Cossigny sur deux points. Dans l'état actuel de la question, on pourrait supposer qu'il y a un certain antagonisme entre M. Taurines et M. Colladon. M. Mallet croit bon de dire, dès à présent, que ce sont d'anciens amis et qu'ils ont toujours conservé entre eux d'excellentes relations, comme on le verra dans la lettre qu'il va lire.

Il y a un second point sur lequel M. Colladon tient à fixer l'attention de la Société; c'est que l'appareil de M. Taurines aurait été construit et employé en France et serait un appareil français, tandis que celui de M. Colladon aurait été construit et employé en Angleterre. Si l'appareil de M. Colladon a été construit en Angleterre, c'est parce qu'il n'a pas pu le faire exécuter chez nous, car, M. Colladon a fait presque toute sa carrière en France; ses expériences ont été faites sur la Seine et sur le Rhône, et s'il n'a pas exécuté son appareil en France, c'est parce que la marine française ne l'a pas accepté, tandis que, en Angleterre, son appareil a été immédiatement accepté et exécuté.

M. MALLET donne, comme il suit, lecture de la lettre de M. Colladon.

« Monsieur le Président.

« Dans la lettre que M. Jules de Cossigny vous a adressée et dont il a été fait lecture à la dernière séance de la Société, il fait allusion à mes anciens travaux sur la mesure du travail des machines à vapeur marines et rappelle ceux plus récents de mon ami M. l'ancien professeur, Auguste Taurines.

» Je crois convenable, pour éviter toute interprétation erronée, de rédiger pour nos mémoires un résumé historique fort abrégé de mes anciennes études théoriques, basées sur de très nombreuses expériences bien antérieures à 1850, pour déterminer l'effet utile des machines à vapeur destinées à la navigation, et de rappeler quelques travaux originaux bien oubliés aujourd'hui, sur les avantages des roues de navigation à palettes mobiles et sur une méthode de mon invention, destinée à suppléer à l'insuffisance du frein de Prony pour mesurer la force en chevaux des machines marines, réalisée sur l'arbre des roues à aubes, par des moteurs à vapeur d'une puissance quelconque, fût-elle même égale à plusieurs milliers de chevaux.

» Le frein de Prony, appareil dynamométrique si précieux pour déterminer les travaux mouvants ou résistants, inférieurs à 60 ou 100 chevaux, devient d'un emploi dangereux et même impossible, lorsque la valeur du travail correspond à un nombre supérieur. Je crois utile de rappeler que j'ai eu l'idée, dès l'année 1835, de remplacer pour les essais sur la force en chevaux des machines à vapeur marines, quelle que soit leur puissance, l'appareil du frein par une autre méthode de mon inven-

tion, dans laquelle je fais servir l'action rotative des roues à aubes dont les palettes ont été convenablement déplacées, en combinant le chemin décrit dans un temps donné par le centre d'impression d'une de ces palettes, avec la tension d'un câble d'arrêt horizontal, qui retient le navire sans suspendre ou diminuer la vitesse normale des machines.

» Pour mesurer la tension de ce câble, j'ai démontré par de nombreuses expériences qu'on peut, dans tous ces essais, se servir d'une balance à équerre capable de mesurer une force horizontale de plusieurs milliers de kilogrammes en établissant l'équilibre par des séries de poids suspendus au bras horizontal de la romaine en forme d'équerre et en leur ajoutant la résistance élastique d'un dynamomètre de force médiocre, ayant une échelle d'extension suffisamment grande pour enregistrer sur le cadran d'un totalisateur à horloge, les variations que peut subir la tension du câble. J'expliquerai plus loin pourquoi l'emploi de cette balance peut être quelquefois préféré à celui de puissants dynamomètres à ressorts, quand on se propose d'obtenir des mesures délicates et très précises; je décrirai en même temps la balance romaine en équerre que j'ai fait établir à poste fixe en 1844 à l'arsenal maritime de Woolwich, pour servir à l'essai des machines marines les plus puissantes des vaisseaux à vapeur du gouvernement Britannique.

» Les essais nombreux et variés que j'ai pu faire par l'emploi de cette nouvelle méthode pendant trois années, (1838 à 1841) sur quelques bateaux à vapeur de la Saône et du lac de Genève (1), m'ont démontré :

» 1° Que cette nouvelle méthode donne pour les machines à vapeur marines des mesures du travail effectif, autant ou même plus précises que celles qu'aurait pu donner le frein de Prony, si son usage eût été possible pour des moteurs d'une puissance supérieure à 100 chevaux.

» 2° Que son emploi peut être continué sans interruption pendant plus de 24 ou 48 heures, si on désire prolonger les essais.

» 3° Que cette longue durée ne peut occasionner aucun danger quelconque pour les organes de la machine, lors même que leur force effective serait égale à plusieurs milliers de chevaux.

» 4° Que l'on peut utiliser cette méthode pour mesurer exactement la résistance des carènes pendant leur marche en eau calme, à différents degrés de vitesse.

» 5° Enfin, qu'il serait souvent possible d'employer cette méthode d'essai, pendant le stationnement d'un navire à vapeur à roues dans un port, pour étudier l'influence utile ou nuisible que peuvent avoir certaines modifications dans le mode d'emploi de la vapeur, ou dans la disposition de leurs organes, pour la bonne marche du navire.

(1) En particulier sur les deux plus grands bateaux à vapeur de ce lac, établis en 1839 et 1840, l'*Aigle*, de la force de quatre-vingt-dix chevaux, et *le Léman* de soixante-six et demi.

» Pendant le second quart du dix-neuvième siècle, les autorités maritimes des divers pays étaient dans l'obligation d'accepter les puissantes machines marines commandées pour leur usage, sans avoir aucun procédé quelconque pour mesurer ou estimer leur pouvoir régulier effectif sur l'arbre des roues motrices, que l'appareil connu sous le nom d'indicateur de Watt.

» Mais cet instrument ne peut déterminer que le travail potentiel de la vapeur sur le ou les pistons dans l'intérieur des cylindres, et il est parfaitement reconnu que l'étude des diagrammes tracés par cet appareil ne donne que des indications probables mais nullement certaines, sur le pouvoir final effectif disponible que l'on désire en définitive obtenir sur l'arbre des roues motrices (1).

EXPÉRIENCES COMPARATIVES SUR LE TRAVAIL UTILE EFFECTUÉ PAR DES ROUES MOTRICES A PALETTES FIXES OU MOBILES (1827 à 1829).

» Pendant le second semestre de 1827, j'avais rédigé un travail assez considérable sur la résistance des corps flottants et sur l'effet utile des roues motrices de bateaux à vapeur, basé sur des expériences très nombreuses faites à mes frais.

Ces études m'avaient amené à recommander l'emploi d'un nouveau système de roues à palettes mobiles, dont les aubes dirigées par un mécanisme solide et d'un coût modéré relativement à l'économie qui en résulte par une meilleure utilisation de la force motrice, me paraissait mériter l'approbation de l'Académie des sciences et quelques essais faits en grand aux frais de l'amirauté française.

» Les roues à palettes fixes, quelle que soit leur construction, et les roues à palettes mobiles, dites du système Morgan, qui restent constamment verticales pendant la marche du navire, occasionnent une dépense considérable et inutile de la force motrice toutes les fois que le navire est fortement chargé; ou que la lame est forte, ou que le vent latéral faisant pencher le navire, une des roues à aubes est trop profondément immergée. S'il

(1) En voici un exemple frappant qui mérite d'être connu des ingénieurs; — Un grand atelier de Dijon, qui a construit de nombreux moteurs à vapeur, s'était engagé à livrer à de grands propriétaires fabricants de sucre de betteraves à Tournus, une machine à vapeur à haute pression du pouvoir effectif de seize chevaux pour broyer les racines. — Ces fabricants comptant sur ce pouvoir avaient fait leurs achats en conséquence. Lorsqu'on voulut fabriquer, le moteur ne put produire que le quart, et même moins de la puissance promise. A la suite du procès intenté aux constructeurs, la Cour de Dijon nomma trois experts, MM. Payen et Malinvant, ingénieurs au corps royal des mines, et moi, pour vérifier avec un frein de Prony, la force utile de la machine. — Pendant nos essais, nous pûmes constater que l'indicateur de Watt donnait pour l'action de la vapeur dans le cylindre un travail supérieur à seize chevaux, mais que le travail utile sur l'arbre moteur ne put jamais surpasser quatre chevaux effectifs.

La machine avait un cylindre vertical avec son arbre rotatif en dessous, que mettaient en mouvement deux bielles latérales commandées au moyen d'un T fixé à l'extrémité supérieure de la tige de piston; pour maintenir cette tige dans une direction verticale, l'ingénieur avait eu la fatale idée de lui donner la forme d'un tube et de la faire glisser le long d'un arbre central fixé à son extrémité inférieure au centre du fond du cylindre et à son bout supérieur au plafond. — Les frottements qui résultaient de cette combinaison absorbaient plus des trois quarts du travail effectué par la vapeur sur le piston.

était possible d'obliger les palettes, même pendant les plus fortes immersions, à entrer et sortir du liquide par leur tranchant et à ne devenir verticales par rapport à la surface de niveau, que pendant le temps de leur recul absolu, déduction faite de la marche en avant du navire auquel elles participent, les inconvénients que nous venons d'énumérer disparaîtraient, ou seraient beaucoup atténués, on obtiendrait plus de douceur et d'uniformité dans la marche et une bonne économie pour l'emploi de la force motrice.

J'ai reconnu dès l'année 1827, que ce résultat désirable peut être obtenu par l'emploi de palettes mobiles pouvant tourner autour d'un axe horizontal correspondant avec le milieu de leur surface plane, dont les mouvements, relativement à la circonférence de la roue, sont réglés par un puissant excentrique fixé au bateau, et entourant l'arbre.

Sur cet excentrique, on établit un collier d'une force suffisante, portant à sa circonférence extérieure des appendices équidistants, dont le nombre égale celui des palettes et chacun de ces appendices est muni d'une bielle dont l'autre extrémité commande la position de chaque palette au moyen de courtes manivelles fixées à l'extrémité de leur axe de rotation la plus voisine des parois du navire.

Dès la fin de 1827, j'avais fait fabriquer un petit bateau en tôle, n'ayant que deux mètres environ de longueur et quarante-cinq centimètres environ de largeur, pour faire des essais comparatifs sur le travail utile qu'on peut obtenir de divers systèmes de roues à palettes fixes, comparativement à celui que peuvent réaliser des roues à palettes mobiles, dont le mouvement s'opère comme il est dit ci-dessus, lorsque le bateau et ses roues à palettes sont plus ou moins profondément immergées.

« Désirant avoir pour ces essais comparatifs un petit moteur capable d'un travail total limité, mais d'une valeur égale pour chaque essai, j'avais fait construire par l'habile horloger, M. Wagner, de Paris, un barillet grandiose, muni d'un ressort d'une dimension et d'une puissance tout à fait exceptionnelles, et ce barillet fut fixé solidement sur le fond intérieur du bateau. Le travail du ressort se transmettait par un engrenage à l'arbre sur lequel étaient fixées les roues à palettes ayant $0^m,35$ de diamètre et $0^m,12$ de largeur.

» Ces roues étaient disposées de manière qu'il fut possible et facile de varier le nombre des palettes, leur forme et leur inclinaison. J'avais fait aussi préparer deux autres roues de même dimension portant chacune huit palettes mobiles autour d'un axe horizontal passant par leur centre de figure et dont le mouvement était commandé par un mécanisme disposé comme il est dit ci-dessus.

» Dans une longue série d'essais faits sur le canal de l'Ourcq, en octobre et novembre 1827, toutes les fois que le temps était calme, essais renouvelés en septembre et en octobre 1828, en présence de quelques assistants, membres de l'Académie ou ingénieurs constructeurs, il fut constaté que le bateau prenait plus de vitesse et parcourait un chemin

plus considérable toutes les fois qu'il était mû par les roues à palettes mobiles. L'avantage de ces dernières roues sur celles à palettes fixes était d'autant plus marqué que leur immersion était plus grande par suite des charges supplémentaires placées dans le fond du bateau.

» Ces expériences avaient entraîné pour moi des dépenses au-dessus de mes ressources personnelles et je me décidai à retarder la présentation à l'Académie de l'ensemble de ce travail, pour le faire admettre au concours du prix Montyon, qui devait être décerné au printemps de 1829.

» Les académiciens nommés pour juger le concours étaient MM. Navier, Girard, Arago et Molard, rapporteur.

» M. Arago, qui s'intéressait vivement aux progrès de la marine à vapeur, était très favorable à mes conclusions ; mais M. Molard, alors directeur du conservatoire des Arts et Métiers, déclara magistralement qu'aucun système quelconque de roues avec des palettes mobiles ne pourrait résister à la violence des coups de mer, et la majorité de la commission, impressionnée par son affirmation, ne voulut m'accorder qu'une *mention honorable et la faculté d'insertion dans les Savants Étrangers*.

» Moins de deux ans après le dépôt de mon Mémoire, j'avais la consolation de voir deux bateaux à vapeur munis de machines à cylindres oscillants, pour un service de marchandises sur la basse Seine, munis de roues à palettes mobiles exécutées conformément à mes propositions et à mon petit modèle [1]. Et peu après j'apprenais que ces mêmes roues à palettes mobiles venaient d'être adoptées pour le service en mer, par d'habiles constructeurs anglais, MM. Maudslay, et MM. Miller et Ravenhill.

» La solidité de ce système et ses avantages étaient même si bien constatés au bout de quinze années, que, lorsqu'en 1843, l'Amirauté britannique chargea MM. Maudslay, Field et C^ie^, d'établir des moteurs de 400 chevaux de force sur le navire *Victoria et Albert*, destiné au service particulier de la Reine, ces habiles constructeurs n'hésitèrent pas à employer, pour ce beau navire, des roues à palettes mobiles commandées, comme il est dit ci-dessus, c'est-à-dire d'après le système que j'avais présenté, en 1828, au jugement de la Commission du prix Montyon.

» De 1830 à 1840, j'ai eu à diriger, comme entrepreneur à forfait, ou

1. M. Cavé a été chargé en 1828 ou 1829 de remplacer par des machines à cylindres oscillants les lourds moteurs à vapeur de deux bateaux, construits à Charenton, pour un service sur la basse Seine. Ces bateaux avaient des roues à palettes rotatives ; chaque palette était formée de deux pelles fixées à l'extrémité de deux rayons de la roue parallèles entre eux. Ces rayons recevaient un mouvement rotatif autour de leur axe, au moyen d'un pignon conique placé sur ce rayon près de l'axe et de deux roues coniques immobiles fixées à la charpente du bateau. — J'étais occupé à dessiner ce système de roues, quand MM. Dalloz, Chapron et Cavé, qui s'occupaient du changement projeté à ces machines et que je connaissais, me demandèrent mon avis sur cette disposition. Je leur exposai les défauts de cette combinaison et je leur dessinai sur place et expliquai l'emploi bien préférable de palettes mues par un collier excentrique à l'axe et forçant les palettes, par des bielles, à entrer et à sortir du liquide tangentiellement à la courbe hélicoïdale que décrit le centre de chaque palette quand le navire est en marche. MM. F. Mathias et Ch. Callon ont rappelé ma priorité de l'idée pour ce mécanisme, dans leur traité *sur la navigation fluviale à vapeur*, publié chez Auguste Mathias en 1846 (voir la page 194).

comme simple ingénieur, l'exécution ou la restauration de plusieurs moteurs à vapeur de navigation pour bateaux de force médiocre ou moyenne, tels que *la Seine, l'Yonne,* faisant un service de voyageurs en amont de Paris, *la Ville d'Elbeuf* allant de Rouen à Elbeuf [1].

» J'ai fait construire aussi les machines du premier *Papin* et du *Chérubin* à Lyon, de l'*Écho* sur le lac de Genève, etc.

» CONSTRUCTION ET ESSAI DES MACHINES DU BATEAU *le Papin* [2].

» Les avantages notables que j'avais obtenus pour l'économie du combustible dans les bateaux naviguant sur la Seine, décidèrent en 1834 la Compagnie lyonnaise dite : *des commissionnaires* à me commander des doubles machines de quarante chevaux de force totale minima, garanties pour dépenser moins de quatre kilogrammes de houille par cheval et par heure, avec la promesse de ma part de rester en dessous de trois kilogrammes. — La Compagnie exigeait que la construction se fît en Angleterre, je mis la condition que les chaudières seraient faites en France et je me réservai le droit de faire aux machines des modifications que je jugerais utiles. Il fut enfin convenu que, après la mise en marche, la force effective sur les roues serait mesurée par des essais faits par deux freins de Prony appliqués à l'arbre des roues.

» Ces essais avec deux freins ont été dirigés par les experts, MM. Tabaraud professeur et Renaud. Il fut constaté par un procès-verbal que je possède, que la force régulière indiquée par les freins, dépassait soixante chevaux, les machines marchant à la pression de trois kilogrammes et demi, avec détente, et que la consommation de combustible, en ayant égard à ce pouvoir normal, ne représentait que deux kilogrammes et demi par cheval et par heure [3].

» Les vibrations continuelles des aiguilles des dynamomètres à ressort des freins, me donnèrent alors l'idée d'entreprendre un autre système d'essai des machines marines, en faisant usage des roues à palettes elles-mêmes pour disposer d'une résistance uniforme mesurable avec une balance des forces horizontales et servant à mesurer la puissance des moteurs.

» Le *Papin* devant entrer immédiatement en service, je dus remettre à une autre époque les expériences projetées et la vérification expérimentale de l'efficacité de cette nouvelle méthode, dont j'entrevoyais déjà la très facile application aux plus puissants steamers et devenant une base

1. Dans la plupart de ces restaurations, j'employais une pression de vapeur de deux à trois atmosphères, la détente et des chaudières tubulaires, et j'obtenais une réduction notable du poids, une diminution de moitié et même plus du combustible consommé par cheval et par heure et une forte augmentation de pouvoir.

2. J'ai été, je crois, le premier ingénieur qui a donné le nom de *Papin* à un bateau à vapeur.

3. Cette faible consommation me valut une prime exceptionnelle de 2,500 francs. Les autres bateaux à vapeur existant à cette époque sur la Saône et le Rhône étaient, sans aucune exception, des bateaux de construction anglaise à basse pression et sans détente, brûlant en moyenne six à huit kilogrammes de houille par cheval et par heure.

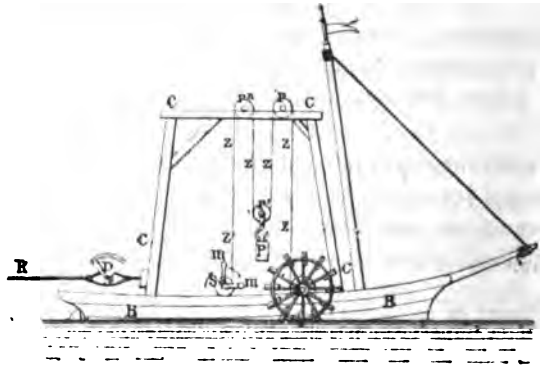
pour la solution des questions les plus essentielles de la mécanique navale.

» En 1837, un riche capitaliste anglais, M. Haldimand, m'avait chargé de construire pour lui un bateau à vapeur de plaisance de 12 à 15 chevaux, pour la navigation sur le lac de Genève. Il avait été convenu que ce bateau devrait être à ma disposition pendant les dernières semaines d'avril pour une série d'expériences d'après ma méthode dynamométrique. Ces expériences étaient commencées, lorsqu'une très grave et longue indisposition me condamna à un repos absolu de quelques mois.

Plus tard, préoccupé de mes cours et d'autres très nombreuses occupations, je n'ai pu recommencer qu'en 1840, ces expériences dynamométriques sur deux grands bateaux à vapeur du lac de Genève : mais j'entrepris dès 1839 des expériences destinées à contrôler l'exactitude de mon procédé. Pour cela, je fis installer sur une grande chaloupe mise à ma disposition, un mécanisme figuré sur la figure annexée à cette lettre.

» Il se compose de deux roues à palettes de deux mètres de diamètre, portant chacune douze palettes légères, destinées à fonctionner sur les flancs de la chaloupe et qui sont liées par un arbre transversal, muni dans sa partie centrale d'un gros cylindre en bois ou tambour T, d'un demi-mètre de longueur destiné à recevoir une corde mince *zzz* et pouvant faire environ cent tours sur ce premier tambour.

» La vue de la figure ci-dessous explique suffisamment le mécanisme dynanométrique funiculaire, auquel j'ai eu recours pour transmettre à ces roues à palettes le travail moteur de deux forts manœuvres agissant sur un second tambour S. Pour rendre ce travail uniforme et d'une valeur bien connue, j'avais adopté la disposition représentée sur cette figure :



» La corde *z* dirigée successivement par trois poulies *p*, *p'* et *p''*, a été primitivement enroulée sur le tambour T, le travail des deux manœuvres sur les manivelles *m* et *m'* enroule la corde *z* sur le tambour S et déroule

en même temps cette corde sur le tambour T en lui transmettant un mouvement de rotation, qui est communiqué aux palettes.

» Pendant cette expérience la tension de la corde z est rendue constante et égale à $1/2\ (P+q)$, P étant la valeur en kilogrammes, du poids suspendu à la poulie mobile p' et q, le poids de la poulie p' et de son crochet.

» Les manœuvres règlent leur action de manière que la poulie p' et son poids P restent à peu près à la même hauteur pendant la rotation.

» Il est facile alors de mesurer la somme des travaux résistants que l'eau oppose aux palettes pendant une rotation entière des roues, ou pendant un nombre quelconque n de rotations.

» Pour cela, au lieu de laisser avancer le bateau, on le retient immobile par une corde de retenue horizontale R, dont on mesure la tension avec une balance en équerre, ou un dynanomètre D.

» La chaloupe se trouve ainsi en équilibre entre des forces horizontales opposées, l'une est l'impulsion, ou plutôt la moyenne des impulsions horizontales des palettes pendant leur immersion et l'autre la résistance de la corde R mesurée à la balance en équerre ou au dynanomètre.

» Il semble que l'action des palettes variant par courtes périodes, l'aiguille du dynanomètre devrait osciller fortement, et cependant elle reste sensiblement stationnaire, cette stabilité est causée par l'inertie de la chaloupe et par celle de son chargement qui viennent s'interposer entre l'action impulsive des palettes et la résistance de la corde R.

» Les petites variations périodiques de la force impulsive des palettes se dépensent ainsi sur une masse considérable et leur effet est presque insensible sur la corde R.

» Une conséquence bien intéressante à prévoir, c'est que, si la puissance du moteur et les variations périodiques de l'impulsion des palettes augmentent, par contre l'inertie du navire et celle de son chargement, s'accroissent dans une proportion progressive encore plus rapide, en sorte que, même pour les très grands navires à vapeur, de 500 et 1,000 chevaux par exemple, l'index du dynanomètre, ou l'équilibre de la romaine, qui servent à mesurer la tension du câble, restent stationnaires tant que le pouvoir moteur des machines sur leur arbre ne varie pas.

» C'est ce résultat important, qui permet de remplacer l'action d'un dynanomètre, par celle d'une puissante romaine en forme d'équerre et à couteaux. Cette stabilité permet aussi de placer sur le long bras horizontal de cette romaine, un plateau chargé de poids et d'ajouter seulement un dynanomètre de force ordinaire destiné à enregistrer les faibles variations de tension qui peuvent se produire pendant la marche, en lui ajoutant un enregistreur à horloge muni d'un cadran

en papier, sur lequel un crayon trace la série de ces variations. On peut ainsi mesurer à un ou deux centièmes près le travail en chevaux transmis à l'arbre des roues par les plus puissants moteurs qu'emploie la marine.

» C'est un appareil de ce système que l'amirauté anglaise a adopté en 1843, pour être établi à poste fixe dans l'arsenal maritime de Woolwich et pour lequel elle m'accorda un prix de huit cents livres sterling; la seule condition essentielle à remplir était la possibilité de déterminer avec mon appareil la force en chevaux de tous les moteurs des navires à roues appartenant au gouvernement britannique, quelle que fut leur force, jusqu'à mille chevaux, pouvoir qu'aucun navire du gouvernement anglais n'atteignait en 1843.

» L'appareil dont j'ai dirigé toute la construction en 1844, sur le bord du vaste bassin du roi William, à Woolwich, a été installé à poste fixe, dans un petit bâtiment spécial, et il a été adopté définitivement à la suite des premiers essais faits en octobre 1844 sur la frégate à vapeur de cinq cents chevaux, *le Télémaque*, en présence de plusieurs membres de la Société royale et de près de cent officiers supérieurs ou autorités civiles de la marine anglaise.

» L'appareil établi à Woolwich est d'ailleurs construit dans toutes ses parties avec une solidité suffisante pour pouvoir servir avec sécurité à des épreuves de machines marines de 4,000 chevaux et plus.

» M. le général Morin a fait placer une élévation de cette balance dynamométrique dans les salles du Conservatoire des arts et métiers, et j'ai l'avantage d'offrir à la Société un dessin colorié de cette machine en élévation, avec ses fondations vues en coupe, que je joins à ce mémoire [1]. La disposition que j'ai adoptée pour Woolwich permet de disposer instantanément la balance dynamométrique des forces horizontales dans la direction du navire dont on veut mesurer la force normale des machines et en outre, quels que soient le poids et la direction du câble qui retient le navire, la balance indique la composante horizontale de la traction produite sur le câble par la rotation des aubes. C'est cette composante seule qui doit entrer dans l'expression du travail effectif.

» Voici maintenant le principe théorique de cette méthode qui permet de mesurer, avec un degré suffisant d'exactitude, le pouvoir normal en chevaux transmis à l'arbre moteur des roues.

» On fait d'abord marcher librement le navire que l'on veut essayer, dans une eau calme, et l'on détermine le nombre des coups de piston,

1. Lors de mon traité avec l'amirauté en 1843, la marine britannique ne possédait encore aucun navire de la force de 1,000 chevaux, mais elle avait commandé une machine de cette force pour un vaisseau de guerre en construction, *la Pénélope*, à l'un de ses constructeurs habituels, M. Seaward, et je fus averti par cet habile ingénieur qu'on ne tarderait pas, probablement, à en établir d'une puissance double ou triple, ce qui me décida à donner à toutes les pièces de ma balance dynamométrique des dimensions suffisantes pour pouvoir mesurer le pouvoir de machines marines de quatre mille chevaux et plus.

ou celui des tours de roues qui correspond à cette allure régulière prolongée, on note en même temps la tension moyenne de la vapeur et celle du vide dans le condenseur. Le navire étant ensuite rentré dans le port, on diminue la hauteur *h* d'immersion maxima des palettes et on les rapproche de l'axe des roues des trois cinquièmes de cette hauteur *h*. Après cette opération, on attache le navire à un quai par un câble d'une certaine longueur et on fait marcher les machines à la même tension de la vapeur dans les chaudières et dans la chambre du vide, que lorsque le navire cheminait librement en temps calme. — Il est évident que, dans ce cas, les machines faisant le même nombre d'oscillations des pistons développent sur l'arbre des roues un pouvoir moteur rigoureusement le même que pendant la marche du navire en liberté.

» Si le câble est fixé à la balance des forces horizontales, cet appareil indiquera une résistance R qui, multipliée par la vitesse de rotation V du nouveau centre d'impression de la partie immergée (maintenant fort étroite) des palettes, donnera un travail résistant R V égal à un ou deux centièmes près, à celui développé par les machines sur l'arbre des roues à aubes. — Si le câble R qui retient le navire à une balance en équerre de mon système, ou à un dynanomètre dont l'échelle des flexions doit avoir une étendue suffisante pour qu'il puisse indiquer de faibles variations de tension de ce câble, on pourra faire dans le port des essais éminemment avantageux pour déterminer la meilleure disposition des organes des machines, ou la pression de vapeur qui donne le maximum d'effet utile, en dépensant un poids donné de vapeur à diverses tensions, et par l'emploi de détentes variables ou d'autres transformations possibles [1].

» Les règles imposées aux Directeurs des ports et des arsenaux maritimes, en Angleterre, n'autorisant aucune communication, orale ou écrite, sur les divers essais faits par ordre de l'Amirauté, je n'ai pu connaitre qu'imparfaitement les expériences exécutées après mon départ de Londres, mais j'avais fait antérieurement, sur le lac de Genève, en 1840 et 1841, des expériences nombreuses sur deux grands bateaux à vapeur, *l'Aigle*, de 96 chevaux de force et *le Léman*, de 66 chevaux et demi, dont les principaux résultats ont été communiqués à l'Académie des sciences de Paris à diverses époques, en 1841 et 1842.

» Ces mémoires renfermaient les données essentielles déduites de mes mesures pour déterminer : 1° les travaux réalisés sur l'arbre des roues à aubes ; 2° les vitesses obtenues en temps parfaitement calme par l'action des roues à palettes de diverses formes et dimensions ; 3° la résistance des carènes.

1. Dans une expérience secondaire faite à Woolwich en 1844, j'ai montré qu'en variant d'un ou deux degrés seulement l'ouverture d'un robinet d'introduction de l'eau froide dans la chambre du vide, la balance dynamométrique indiquait instantanément qu'un léger changement venait d'être opéré sur l'un des organes des moteurs.

» L'importance des résultats obtenus sur le lac de Genève par mon nouveau système dynamométrique, en substituant au frein de Prony l'action des roues motrices avec leurs palettes convenablement rapprochées de l'axe de rotation, m'avait engagé à faire breveter ce procédé nouveau et à entreprendre une tractation avec le département de la marine pour l'établissement à ses frais dans un des ports de l'état d'une balance des forces horizontales destinée à des expériences sur le travail utile transmis à l'arbre de rotation des roues par les machines des grands steamers et pour étudier des données d'une haute importance pour les progrès de la navigation à vapeur française, telles que :

» 1° La mesure exacte du combustible dépensé par cheval et par heure avec les diverses machines achetées pour compte de l'État ;

» 2° Les augmentations d'effet utile qu'on peut obtenir par des modifications dans le degré de la pression et dans le mode d'emploi de la vapeur avec divers degrés de détente.

» 3° Des mesures précises sur la résistance des carènes pour des vitesses déterminées.

» La note supplémentaire qui termine ce mémoire et qui est une copie textuelle du discours du député du département de l'Ain, M. d'Augeville, ancien officier de la marine de l'État (séance de la Chambre des députés du 5 mai 1847, pages 1058 et 1059), montrera la façon plus que cavalière dont pouvaient être traités, à cette époque, les inventeurs ayant des titres scientifiques reconnus, et fortement recommandés par l'Académie des sciences, quand ces inventeurs n'appartenaient pas aux corps de la marine ; on remarquera ce peu de considération du conseil de l'amirauté pour les décisions et les recommandations de l'Institut, dans un cas où elles contrariaient les convenances de famille d'un membre très influent de ce conseil et malgré le désir d'autres membres plus scrupuleux. Cette note expliquera comment après des démarches prolongées pour obtenir que le conseil de l'amirauté française voulut s'occuper de mes procédés qui devaient lui fournir d'importantes données pour les progrès de la marine à vapeur, je fus contraint de m'adresser au conseil de l'amirauté anglaise qui s'empressa d'accueillir ma méthode, accordant plus de crédit aux rapports et aux décisions de l'Institut de France, qu'on n'en avait montré à Paris dans le conseil de l'amirauté francaise.

M. Taurines, de son côté, n'a pas été, semble-t-il, récompensé par le département de la marine française, comme il aurait dû l'être à la suite de ses très importantes études expérimentales faites à ses frais, au moyen d'un canot mû par des hélices de formes diverses et au moyen de dynamomètres à ressorts, défectueux d'abord, mais dont il est parvenu à perfectionner la construction, de 1850 à 1851.

Celui qu'il avait envoyé à l'Exposition universelle de Londres en 1851 m'avait déjà paru à cette époque excessivement remarquable, et il a exécuté depuis des dynamomètres à ressorts, de rotation et de poussée,

applicables aux plus puissants bateaux à vapeur à hélice et qui ont rendu des services d'une incontestable utilité pour la marine à vapeur du gouvernement français. Il est donc profondément regrettable que le conseil de l'amirauté ne lui ait pas décerné une récompense exceptionnelle et suffisante pour des inventions d'une aussi grande valeur.

La Société d'encouragement en France et l'Académie des sciences, ont réparé en quelque sorte cette souveraine injustice, par des récompenses tardives votées en faveur de M. Taurines.

En 1865, la société d'encouragement lui a voté une médaille d'or et l'Académie des sciences lui a décerné une première fois en 1874 et une seconde fois en 1883, un prix de trois mille francs représentant la moitié du prix de six mille francs qui porte le nom de prix Plumey.

Ces deux dernières récompenses ont été votées à l'occasion de deux rapports éminemment favorables, le premier rédigé par M. l'amiral Paris, et en 1883 conformément aux conclusions du regretté Dupuis de Lôme.

J'ai donc été le premier en ma qualité de membre du jury X à l'exposition universelle de Londres de 1851, à demander et à obtenir en faveur de M. le professeur Taurines, la plus haute récompense accordée aux exposants, pour son invention du dynamomètre qui faisait partie de l'exposition française.

Il n'a jamais existé entre M. Taurines et moi, ni à cette époque, ni depuis, de rivalité ou de discussion quelconque sur nos expériences dynamométriques, et nous sommes restés liés depuis lors par une durable estime et une sincère amitié.

« M. Taurines, dans les lettres qu'il m'a adressées et dernièrement encore dans son importante publication de 1884[1], pour laquelle il a reçu de l'Académie des sciences, en 1883, la moitié du prix Plumey, dans le but d'en faciliter l'impression, M. Taurines a tenu à rappeler mes anciennes expériences antérieures aux siennes et l'intérêt que j'avais mis en ma qualité de juré à l'exposition de 1851 à lui faire obtenir la plus haute récompense *(council medal)*, quoiqu'il fût devenu en quelque sorte mon concurrent. Il m'est permis de reproduire en son entier le paragraphe de la page 45 de sa dernière publication, car ce paragraphe fait, il me semble, plus d'honneur à l'élévation de son caractère, qu'il ne peut m'en faire à moi-même pour mon impartialité en ma qualité de juré. Ce paragraphe montre bien que chez M. Taurines la mémoire du cœur ne s'efface pas avec le nombre des années.

« Les difficultés que l'on rencontre, dans les expériences au point fixe » avec les navires à hélice, avaient été levées en 1842, pour les bateaux à » roues, par M. Colladon de Genève, correspondant de l'Institut. Cet » illustre savant, non moins célèbre comme ingénieur, depuis le perce-

1. *Études sur les machines à vapeur*, par Auguste Taurines, — Gauthier-Villars, libraire-imprimeur, quai des Augustins, 55, à Paris.

» ment du mont Saint-Gothard, avait trouvé qu'en relevant les aubes, en » les faisant reculer vers l'axe des $\frac{60}{100}$ environ de leur partie plongée, la » machine ainsi allégée pouvait, toutes choses égales d'ailleurs pour la » pression, l'ouverture des valves, etc., fonctionner avec la même vitesse » de régime que celle correspondant au navire en marche. La position du » centre d'action sur les aubes, autrement dit du point d'application de la » résistance utile, devenait ainsi facile à déterminer dans d'étroites limites. » L'effort de traction sensiblement constant était mesuré, au point fixe, à » l'aide d'une romaine particulière.

» Dans ces conditions il put mesurer la force en chevaux de 75 kilo- » grammètres de plusieurs machines de bateaux à roues. Des essais satis- » faisants furent faits sur le lac de Genève, ainsi qu'en Angleterre, devant » les lords de l'Amirauté. Il existe, à ce sujet, un rapport de Coriolis à » l'Institut, année 1843, 1er trimestre, page 101. Ce sont les seules re- » cherches qui ont été faites anciennement pour mesurer la force des » machines marines.

» Chose bien rare et non moins intéressante que je dois ici mentionner: » à l'Exposition universelle de Londres de 1851, M. Colladon était membre » du jury international, dans la classe des instruments de précision, où » figurait mon nouveau dynamomètre de rotation. Dominé avant tout par » l'amour de la science et du progrès, cet honorable savant examina » sérieusement cet appareil, et, après divers essais concluants, en reconnut » la supériorité, sans la moindre hésitation. C'est sur sa proposition, et à » la suite de ses actives démarches pour l'appuyer, que la grande mé- » daille *(council medal)* me fut accordée. »

En résumé :

Les méthodes et les appareils que M. Tournes et moi avons employés dans des buts à peu près semblables présentent cependant des différences sensibles et ont des mérites spéciaux.

Je me suis proposé dès 1835 de fournir à la navigation à vapeur un procédé de mesure de la force effective des plus puissants navires à vapeur munis de roues à aubes. A cette époque, et jusqu'en 1845, il n'en existait pas d'autres que l'indicateur de Watt.

J'ai prouvé, par un grand nombre d'expériences faites en 1837, 1838 et plus tard, que mon procédé qui est absolument sans danger pour les machines, quelle que soit leur force effective, donne la mesure de la force finale réalisée sur l'arbre des roues motrices et que l'erreur commise ne dépasse pas deux centièmes en plus ou en moins.

Ceux qui liront le rapport présenté à l'Académie des sciences, dans la séance du 16 janvier 1843 sur mon procédé, rapport rédigé par MM. Poncelet, Piobert et Coriolis, pourront se convaincre que je n'ai exagéré en

aucune manière les mérites de mon invention pour résoudre les grands problèmes de la navigation à vapeur, savoir:

1° La puissance réalisée sur l'arbre des moteurs à roues par les machines marines d'une puissance quelconque;

2° La résistance spécifique de leurs carènes à différents degrés d'immersion ou de vitesse;

3° L'utilisation des propulseurs à palettes fixes ou mobiles.

Les commissaires reconnaissaient que l'emploi de mon procédé devait être préféré à celui du frein, même pour les navires d'un assez faible pouvoir pour que les mesures au frein leur fussent applicables, et ils terminaient ainsi leur rapport:

« Vos commissaires vous proposent de donner votre approbation au » travail de M. Colladon, et de décider que son Mémoire sera inséré dans » le Recueil des *Savants étrangers*.

» Le procédé imaginé par l'auteur devant être très utile à la navigation » et à l'étude des effets des grandes machines placées sur les bâtiments à » vapeur, ils vous proposeront aussi de communiquer ce rapport à M. le » Ministre de la marine, en lui exprimant, de la part de l'Académie, le vœu » qu'on donne à M. Colladon le moyen de continuer ses utiles expériences.

» Les conclusions de ce rapport ont été adoptées. »

J'ai expliqué que, par suite d'un intérêt de famille, mes propositions au Conseil de l'amirauté française et les recommandations pressantes de l'Académie avaient été laissées de côté par la majorité de ce Conseil, et que je n'avais eu à la suite de cette indifférence malveillante d'autre ressource pour faire valoir les avantages de ma méthode que de m'adresser au Conseil de l'amirauté anglaise, où mes ouvertures pour faire adopter ma méthode et l'emploi de ma puissante balance dynamométrique, furent accueillies avec une extrême bienveillance par les lords de l'amirauté, par sir Edward Parry (le célèbre navigateur), superintendant à cette époque de la marine à vapeur du gouvernement britannique, et par MM. Lloyd et Murray, directeurs de la construction des machines de navigation à l'arsenal de la marine à vapeur du gouvernement, à Woolwich.

Je donne, en terminant cette notice, le rapport fait le 3 mai 1847 à la Chambre par M. d'Angeville, député de l'Ain et ancien officier de la marine de l'État, sur les divers incidents de ma correspondance, d'une part avec le Conseil de l'amirauté en France, et d'autre part avec l'amirauté anglaise.

Quelques plaintes que laisse échapper M. Taurines dans son dernier mémoire sur l'ignorance où on l'a longtemps laissé en France sur les résultats obtenus avec ses dynamomètres, semblent indiquer qu'il existe encore un peu de mauvais vouloir envers les inventeurs qui ont fait leurs preuves, quand ils ne font pas partie du corps même de la marine.

ANNEXE A LA LETTRE DE M. COLLADON

MONITEUR OFFICIEL DE FRANCE

Séance de la Chambre des députés du 5 mai 1847, pages 1,058 et 1,059.

M. le comte d'ANGEVILLE, député du département de l'Ain :

..... Maintenant on a parlé du Conseil d'amirauté anglaise et du Conseil d'amirauté en France.

Permettez-moi à cette occasion de vous citer un fait qui prouve de quelle manière on fonctionne dans les deux pays, il est assez grave pour exiger un peu d'attention de la Chambre.

L'année dernière dans la commission de la marine, nous étions fort embarrassés pour savoir comment on pourrait expérimenter la force d'un bateau à vapeur. Plusieurs membres prétendaient qu'il n'y avait aucun moyen ; qu'on pourrait se tromper de 100 et de 150 chevaux sur un navire de 450 chevaux.

J'ai pris des informations, je savais qu'en Angleterre on expérimentait dans les arsenaux les bâtiments à vapeur, je demandais comment les faits qui se passent en Angleterre ne peuvent se passer en France.

En recherchant j'ai découvert qu'un ingénieur civil étranger, M. Colladon, de Genève, homme du plus haut mérite et de la plus grande modestie, avait fait cette découverte ; il l'a proposée et fait adopter en Angleterre, mais après l'avoir proposée à la France. Vous allez voir comment les faits se sont passés en France, et vous verrez après comment ils se sont passés en Angleterre. *(Écoutez! écoutez!)*

La première lettre qu'on a écrite au ministère de la marine, en France, est du 14 octobre 1842. Ce fait n'est nullement relatif à M. le baron de Mackau qui, je dois le dire, en matière d'expérimentation, est plus hardi que les ministres précédents ne l'ont été. Il n'y a, sous ce rapport, que des éloges à lui donner.

En 1842, l'inventeur de la machine écrivait au ministre de la marine :

« Par acte du 1er avril, je suis breveté pour dix ans pour un nouveau moyen de vérifier la force des machines à vapeur navales.

» Par son application, je puis obtenir les mesures et les nombres suivants qui ont un intérêt immense pour les progrès de la navigation :

» 1° Constater si une paire de machines fait en réalité et régulièrement, autant, moins, ou plus de force en chevaux que le nombre stipulé ;

» 2° Établir, sans danger pour aucune des parties des bateaux ou des machines, la consommation régulière du combustible pendant une expérience non interrompue de vingt-quatre heures au moins. »

Voilà la proposition que l'on faisait au ministre de la marine.

On a été trente-neuf jours à répondre, au bout desquels on a écrit :

« Le conseil des travaux de la marine, à l'examen duquel j'ai soumis ce

mémoire, a reconnu l'intérêt qui s'attache à la solution du problème que vous vous êtes proposé; mais il a pensé qu'avant d'arrêter aucun programme des expériences qu'il pourrait y avoir lieu de faire ultérieurement pour constater les avantages de l'application de votre système, il serait convenable d'avoir l'avis de l'Académie des sciences sur sa valeur théorique. »

A la suite de cette lettre, M. Colladon s'est adressé à l'Académie des sciences qui a examiné cette intéressante découverte.

L'Académie des sciences, sur le rapport de MM. Poncelet, Piobert et Coriolis, a dit, après avoir complètement approuvé l'esssai :

« Le procédé imaginé par l'auteur, devant être utile à la navigation et à l'étude des effets des grandes machines placées sur les bâtiments à vapeur, ils vous proposeront aussi de communiquer ce rapport à M. le ministre de la marine, en lui exprimant, de la part de l'Académie, le vœu qu'on donne à M. Colladon les moyens de continuer ces utiles expériences. »

Telles ont été les conclusions de l'Académie des sciences. Elles sont à la date du 16 janvier 1843.

Vous allez peut-être croire que l'affaire va marcher? Pas du tout. Le ministre répond, le 17 avril, ce qui suit à M. Colladon :

« Monsieur, le conseil des travaux de la marine s'est occupé de nouveau de l'examen de votre mémoire sur l'évaluation du travail des machines à vapeur marines, au sujet duquel il avait ajourné son jugement jusqu'à ce que l'Académie des sciences eût décidé sur la valeur théorique du principe.

» Cette nouvelle discussion a donné lieu de reconnaître que les questions soulevées par votre mémoire ne sont pas entièrement nouvelles, et que, depuis deux ans environ, MM. Joffre [1] et Dupuy, ingénieurs de la marine, ont fait à Toulon, au sujet de l'appréciation du travail des machines, des expériences dont les résultats offrent beaucoup d'intérêt. »

L'inventeur écrit de nouveau au ministre; sa lettre est datée de Paris, 28 avril 1843.

« Monsieur le ministre,

» J'ai reçu votre lettre du 17 courant, en réponse à celle que je vous avais adressée au mois d'octobre 1842.

» Vous me faites observer, monsieur le ministre, que les questions que j'ai soulevées dans cette lettre et dans la note que j'ai remise à la marine à la même époque, ne sont pas nouvelles, et que MM. Joffre et Dupuy, ingénieurs de la marine, avaient fait antérieurement sur le travail des machines à vapeur, à Toulon, des expériences dont les résultats offrent beaucoup d'intérêt.

» A l'époque où je me suis adressé à la marine, je ne connaissais pas

1. L'un de ces deux ingénieurs était le gendre de M. B., membre tout puissant, m'a-t-on dit, dans le conseil de l'amirauté de la marine française. (D. C.)

les expériencs de MM. Joffre et Dupuy, qui n'étaient pas encore publiées. Les principaux résultats de mes propres expériences ont été présentés à l'Académie des sciences dans deux mémoires : le premier, déposé à l'Institut, le 1er novembre 1841, a été l'objet d'un rapport favorable de M. le baron Charles Dupin, au mois de mars 1842 ; le second mémoire, présenté en octobre 1842, a donné lieu au rapport du 16 janvier dernier, présenté par MM. Poncelet, Piobert et Coriolis, et approuvé par l'Académie.

» La spécification de ma méthode et des moyens nouveaux que j'ai employés pour mes recherches, a été déposée à la préfecture de la Seine, antérieurement à ces deux mémoires, à l'occasion d'une demande de brevet. Enfin, il me sera facile d'établir que, dès 1838, je m'étais occupé de ces recherches, et avais fait plusieurs des principales expériences dont j'ai signalé les résultats dans mes deux derniers mémoires.

» Des travaux aussi persévérants, des études théoriques accompagnées de nombreuses expériences faites à mes frais, doivent attirer sur mes recherches l'attention bienveillante de la marine, quoique je ne sois pas attaché à ce corps, dans ce moment surtout où l'administration se propose de rédiger un programme d'expériences qui devront être suivies dans les ports de l'État. »

Cette lettre est restée sans réponse.

Ainsi, première lettre, réponse au bout de trente-neuf jours ; la deuxième lettre exige encore plus de temps, et la troisième est sans réponse. Voilà comme on procède en France, alors qu'il s'agissait d'une découverte qui intéressait au plus haut point notre marine militaire. Qu'avait alors à faire l'inventeur ? Un mauvais vouloir aussi systématique ne laissait aucune espérance d'utiliser le brevet en France. Il s'est adressé à l'Angleterre : on va voir comment les choses marchent dans ce pays, et avec le conseil d'Amirauté, dont M. le ministre faisait hier la critique.

Je lis la note telle qu'elle m'a été remise.

Notes sur ma correspondance avec l'Amirauté anglaise, relativement à mon invention pour mesurer la force en chevaux des machines à vapeur des bâtiments à roues.

1843. 8 *mai*. M. Colladon écrit à sir John Barrow, secrétaire de l'Amirauté.

« Il demande que son invention soit examinée par les ingénieurs du gouvernement, et d'être admis à donner des explications verbales. »

19 *mai*. Sir J. Barrow, à M. Colladon :

« Veuillez vous rencontrer, le 22 courant, à l'office des bateaux à vapeur de sir Ed. Parry, où seront M. Lloyd, directeur du port de Woolwich, et MM. Seaward, W. Fairbairn et Field. »

22 *mai*. Conférence avec MM. Ed. Parry, Lloyd, Field, Seaward, Fairbairn, qui doivent faire un rapport sur mon invention.

26 *mai*. P. Roney, secrétaire de sir Ed. Parry, à M. Colladon.

(Questions relatives au prix demandé pour construire un appareil.)

15 *juin*. P. Roney, de la part des lords de l'Amirauté, à M. Colladon :

« Les lords de l'Amirauté me chargent de vous demander si vous pourriez faire un appareil de votre invention capable de mesurer des machines à vapeur jusqu'à *mille chevaux*. »

16 *juin*. Sir Ed. Parry, à M. Colladon :

« M. Colladon voudrait-il ne placer son appareil qu'en 1844, à Woolwich, parce qu'il y aurait des difficultés pour le placer cette année ? »

21 *juin*. Sir Ed. Parry, à M. Colladon :

« Les lords de l'Amirauté m'ordonnent de vous faire savoir qu'ils sont disposés à traiter avec vous et à vous payer la somme stipulée par votre lettre, après que vous aurez rempli votre engagement de poser un appareil de votre invention capable de mesurer jusqu'à mille chevaux, l'année prochaine, à Woolwich. »

Voilà donc cinq lettres reçues et une conférence en trente-deux jours; j'avais même eu deux autres conférences privées dans le même intervalle. En France, il a fallu un mois et demi et deux mois et demi pour une réponse.

Après l'achèvement de mon appareil, en octobre 1844, et sa réception, j'écrivis le 23 *octobre* à sir J. Barrow pour mon paiement.

« Sa réponse est datée du 25 : il m'annonce que le contrôleur général a déjà reçu l'ordre de me payer. »

« Le 31 octobre, j'ai reçu une autre lettre de sir J. Barrow, en réponse à une lettre du même jour. »

Voilà comment les affaires se mènent en Angleterre par le conseil d'Amirauté. Il n'y a là que trois ou quatre commis où nous en plaçons vingt ou trente, et tout marche plus vite et mieux. Il n'y a surtout pas à craindre de jalousie de corps savants et les embarras indirects qu'ils apportent à tout ce qui ne sort pas de leur propre corps.

Savez-vous, messieurs, la conséquence des faits que je viens de signaler? C'est que tous les inventeurs et hommes de génie qui sont dans notre pays, sont obligés de faire passer par l'étranger les découvertes qu'ils font, et nous sommes à la remorque des autres nations, alors que nous devrions les précéder.

Je suis aise d'avoir pu en donner ici une preuve à la Chambre. *(Très bien! très bien!)*

M. LE PRÉSIDENT croit que nous devons remercier, et, pour sa part, il remercie M. de Cossigny d'avoir été cause de la communication de ce travail de M. Colladon, notre vénéré et éminent collègue, qui, il ne faut pas l'oublier, a 83 ans sonnés aujourd'hui. M. Mallet en passant à Genève, et en examinant les listes électorales, a vu la date de sa naissance, et a pu constater que ce vaillant travailleur, toujours jeune par le cœur, par le génie mécanique et par la science, a bien cet âge. Nous devons nous honorer des travaux de M. Colladon ; il n'a pas voulu être membre hono-

raire de notre Société ; il dit, — et il a raison : — Je suis encore trop jeune pour passer à l'honorariat.

Nous remercions M. Mallet d'avoir bien voulu nous présenter ce travail, qui sera imprimé *in extenso* dans le procès-verbal, ainsi que le discours de M. le comte d'Angeville à la Chambre des députés, en 1847. Ce discours fait toucher du doigt le danger de privilèges trop étendus accordés aux grands corps fermés. Ces grands corps, qui sont pourtant l'honneur de la France, laissent de temps en temps et comme malgré eux, passer l'intérêt personnel avant l'intérêt général. *(Très bien ! très bien ! — Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT a reçu d'autres lettres se rapportant aux séances précédentes. Il fait d'abord donner lecture de celle de notre éminent collègue, M. W. Nordling.

« Vienne, le 2 décembre 1885.

» Mon cher Président,

» Je reçois à l'instant le compte rendu de la séance de la Société du 7 août, et ne puis que remercier M. Edm. Roy des termes dans lesquels il a parlé de mon livre sur les voies navigables, livre de circonstance, écrit en langue allemande. Mais je crois devoir relever une erreur involontaire que notre collègue a commise en me faisant dire d'une manière trop générale : « Que les voies de navigation ne peuvent rivaliser avec » les chemins de fer pour le bon marché et la régularité des transports. »

» Je ne suis arrivé à cette conclusion qu'autant qu'il s'agit d'un *canal nouveau* à construire à côté d'un *chemin de fer existant*, parce que, en ce cas-là, la question se complique des intérêts du capital à dépenser pour la voie navigable, intérêts qui viennent plus que compenser l'économie à espérer dans les frais de transport proprement dits.

» La conclusion de mon livre — c'est ainsi que je me suis exprimé dans la séance du 22 mai dernier — est : « Que la France fait très bien » de conserver et de perfectionner les canaux qu'elle possède, mais qu'il » n'y a aucune raison pour en commencer la construction dans un pays » aussi accidenté que l'Autriche. »

» Voulez-vous, mon cher Président, porter cette lettre à la connaissance de la Société et agréer une nouvelle expression de mes sentiments les plus dévoués.

» W. NORDLING. »

Notre collègue de Lyon, M. A. Léger, l'habile ingénieur et l'écrivain si distingué, nous écrit dans les termes suivants :

« Lyon, 10 août 1885.

» Monsieur et cher Président.

» Dans la dernière séance de la Société, vous avez voulu saluer les noces d'or du rail et de la locomotive, le cinquantenaire de nos chemins de

fer français. En réalité, nous avons manqué l'anniversaire de la première représentation, et nous cherchons à nous rabattre sur la reprise de 1835.

» Nous n'avons rien à gagner à sacrifier ainsi bénévolement nos droits à l'ancienneté : nous arriverons dans l'histoire des chemins de fer bien après l'Angleterre, en retard même sur la Belgique, tout en maltraitant fort la vérité.

» Sans attendre le chemin de fer de Saint-Germain en 1835, nous avions depuis *quatre ans*, au fond de la province, mais en pleine France, un chemin de fer de 57 kilomètres, « complètement armé pour le trans- » port des voyageurs comme pour celui des marchandises, » marchant avec des locomotives, et transportant déjà, au moment où l'on décrétait seulement la ligne de Saint-Germain, 430,000 tonnes de marchandises et 180,000 voyageurs par an. C'est notre ligne de Saint-Étienne à Lyon dont j'ai pu reconstituer à grands traits l'intéressante genèse, en puisant aux sources les plus sûres de nos diverses archives; j'ai publié cette étude dans le *Génie civil* des 5 et 19 avril 1884, et dans les numéros du *Lyon scientifique et industriel* que j'ai l'honneur de mettre sous vos yeux.

» En prenant rang à cette date certaine de 1831, pour notre premier chemin de fer *complet*, nous débutons dans cette admirable carrière assez peu après l'Angleterre, et nous ne sommes plus devancés par la Belgique; et l'on ne peut dire que cette première ligne de Saint-Etienne fut une grossière ébauche : sa construction fut si bien entendue, avec une si juste intuition des exigences de l'avenir, qu'à la reprise par le Grand-Central, en 1853, on fut stupéfait des insignifiantes réfections à faire pour mettre ce tronçon à l'unisson du réseau français !...

» Nos ingénieurs lyonnais et stéphanois, plus abandonnés à eux-mêmes que leurs contemporains de Paris, plus éloignés qu'eux des leçons de l'expérience anglaise, n'eurent pas un mince mérite à résoudre un problème aussi difficile et aussi nouveau, avec les faibles ressources techniques et industrielles dont ils disposaient. En parcourant les archives de cette remarquable entreprise, on est frappé à chaque instant des solutions ingénieuses que l'on rencontre, deux fois admirables pour leur temps: c'est ainsi qu'ils construisirent, fort peu après 1835, pour l'exploitation d'une section à fortes rampes de $0^{m}015$, des machines à *quatre cylindres* pour utiliser l'adhérence du tender; cette première application qui rendit les plus grands services, ne sera reprise que vingt ans plus tard par notre regretté maître Pétiet.

» Paris a une part de gloire assez belle pour ne rien envier de ce qui revient légitimement à la province ; et à la suite des grands noms que vous avez évoqués parmi les fondateurs de notre génie civil, vous ferez, monsieur le Président, acte de haute justice en sauvant de l'oubli nos ouvriers de la première heure et en inscrivant les noms des Brot, des

Millet, des Henry, des Séguin, des Verpilleux et des Locard, qui furent indiscutablement les premiers créateurs de nos chemins de fer français.

» Veuillez agréer, monsieur le Président, l'expression de ma considération la plus distinguée. » A. LÉGER. »

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que la lettre de M. Léger se rapporte à la séance du 17 juillet. Dans cette séance, M. le Président avait demandé la permission de fêter le cinquantenaire du chemin de fer de Saint-Germain, qui avait été l'amorce véritable des chemins de fer français. Il avait eu soin de citer les chemins de fer de Saint-Étienne et d'Andrézieux, où les premiers essais avaient été faits ; mais il croit que, si le chemin de fer de Saint-Germain n'avait pas été construit, le chemin de fer de Saint-Etienne serait resté un chemin de fer d'intérêt local. Le chemin de fer de Saint-Germain nous a donné bientôt le chemin de fer de l'Ouest, puis le chemin de fer du Nord, et enfin, successivement, tous les autres réseaux, tandis que le chemin de fer de Saint-Étienne, chemin de fer restreint, établi surtout au point de vue du transport de la houille dans la région qu'il traversait, n'aurait pas entraîné le gouvernement ni les grandes entreprises à projeter et à construire les nombreux chemins de fer qui, depuis, ont sillonné la France.

Cependant, cemme il s'agit de gloires françaises, nous sommes heureux de l'occasion que nous donne M. Léger, de les saluer et de leur rendre plus complète justice une fois de plus ; car nous n'avions eu garde d'oublier le grand Séguin.

Le Syndicat des Entrepreneurs de travaux publics de France nous écrit la lettre suivante :

« Monsieur le Président de la Société des Ingénieurs civils,

» Le Syndicat des Entrepreneurs de travaux publics de France, a l'honneur de vous informer qu'il organise, pour le mois de décembre prochain, une exposition de l'outillage des travaux publics, dont nous vous y adressons ci-inclus le programme.

» En prenant cette initiative, le Syndicat a surtout pour but de mettre sous les yeux des intéressés le plus grand nombre possible de dessins, photographies, modèles en réduction, etc., des engins, machines, appareils divers appliqués ou applicables aux travaux publics.

» Le Syndicat espère, monsieur le Président, que vous voudrez bien donner connaissance aux membres de votre honorable Société, du programme de cette Exposition, et nous vous prions d'agréer, avec nos remerciements anticipés, l'expression de nos sentiments les plus distingués.

» *Le Président du Syndicat,*

» A. PRIMORIN. »

Le programme dont il est parlé, sera déposé sur le bureau de M. Husquin de Rhéville, pour que ceux que cette Exposition intéresse puissent en prendre connaissance.

M. le ministre de l'instruction publique nous a adressé une nouvelle circulaire à propos du Congrès des Sociétés savantes, qui doit se tenir en 1886. Nous lui donnerons, comme précédemment, toute notre publicité ; et nous ferons insérer au *Bulletin* le programme de ce Congrès, en mentionnant surtout les questions qui peuvent intéresser nos collègues.

M. LE PRÉSIDENT. L'ordre du jour appelle maintenant, messieurs, le compte rendu succinct du voyage de la Société en Belgique, compte rendu que je vous demanderai la permission de faire, pour les quatre premiers jours de réception officielle ; je prierai ensuite M. Brüll de prendre la parole pour raconter l'excursion dans le pays de Gand et dans la contrée de Charleroi. M. Périssé s'était chargé du compte rendu de l'excursion du côté de Liège et de Spa : il est souffrant ; il est à peine remis d'une indisposition longue et pénible, et il vient de prier M. Moreau, qui a suivi l'excursion comme M. Périssé, de vouloir bien le remplacer.

Messieurs, je commencerai par vous exprimer le regret que la Société tout entière n'ait pas assisté à cette magnifique réception que les ingénieurs belges ont bien voulu faire à la Société des Ingénieurs civils. Il est certain que, si les deux mille membres de la Société s'étaient rendus en Belgique, nos hôtes auraient été fort embarrassés pour nous recevoir, mais je crois, tellement leur cordialité a été grande, je crois qu'ils seraient encore parvenus à nous fêter tous.

Vous savez comment la Société s'est trouvée engagée à faire ce voyage. Il y a eu un tel empressement, de la part de nos collègues belges, qu'ils ont voulu nous recevoir en partie double ; c'est-à-dire que les ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège, d'une part, ont voulu nous accueillir, et que, d'autre part, les ingénieurs de Gand, réunis à ceux de Louvain et de Bruxelles, ont voulu aussi nous avoir ; de sorte que, en réalité, dans cette excursion, nous avons fait deux voyages. Des deux côtés, nous avons contracté une dette de reconnaissance : je compte sur la Société pour que cette dette soit payée, mais nous aurons beaucoup de peine à faire mieux ou aussi bien (car nous ne devons pas rester en arrière) que nos collègues belges.

Le départ a eu lieu le samedi soir, 8 août. Ceux qui ont assisté à cette expédition s'en souviennent. Je dis *expédition*, car il semblait vraiment que nous eussions conquis pacifiquement la Belgique, tant était grand l'affectueux empressement de nos amis. — Nous sommes partis par un train spécial, grâce à l'extrême courtoisie de la Société internationale des wagons-lits, des wagons-restaurants, de cette grande Compagnie d'un luxe si nécessaire qui a su transformer les plus pénibles parcours en véritables parties de plaisir. Elle agissait d'ailleurs au nom des ingénieurs de Liège. C'est M. Nagelmackers, directeur de la Compagnie des wa-

gons-lits ; M. Lechat, secrétaire général ; M. Taillard, administrateur, nos très aimables collègues ; car, avec une délicatesse qui appelle toute notre gratitude, MM. Nagelmackers et Lechat ont demandé immédiatement à faire partie de la Société pour que, chez eux, nous fussions encore mieux chez nous ; ce sont ces messieurs qui ont organisé le train spécial, qui nous était bien dû ; car je pense que si les chemins de fer sillonnent aujourd'hui la France, la Société des Ingénieurs civils a un peu contribué à leur développement ; et il y a beaucoup de membres de la Société qui peuvent peut-être revendiquer le même privilège que celui qu'on accorde souvent aux sociétés orphéoniques. (*Bravo! bravo! applaudissements!*)

Le dîner était servi. La cordialité la plus franche n'a cessé de régner. M. Nagelmackers, directeur de la Société, retenu au Congrès des chemins de fer, a quitté Anvers à 11 heures du soir et est venu nous attendre à Malines, pour nous faire les honneurs du débarqué, à Anvers. Nous arrivions 140 ou 150 ; on avait pris toutes les précautions, mais il était une heure moins le quart du matin !... et nous avions peur que quelques-uns de nos camarades fussent forcés de coucher à la belle étoile ou de passer la nuit dans les wagons-lits, qui, d'ailleurs, sont destinés à cet usage ; mais toutes les mesures étaient tellement bien prises, que tout le monde a été parfaitement casé et a très bien dormi.

Le matin, nous nous sommes trouvés à l'Exposition, où les ingénieurs sortis de l'École de Liège nous ont souhaité la bienvenue, dans la salle des fêtes. Nous avions bien reposé, le temps s'était mis de la partie, le ciel nous aidait, et toutes les circonstances accessoires qui rendent un voyage plus ou moins agréable nous favorisaient. M. Trasenster nous a reçus, entouré de ses collègues ; il nous a tenu un discours fort éloquent, nous rappelant combien il était chagrin de voir que M. Tresca, notre président honoraire, manquât à l'appel ; il a exprimé tous ses regrets de cette grande perte, et a donné à la mémoire de M. Tresca, très aimé à Liège, le témoignage d'une profonde sympathie. Ces sentiments traduits par M. Trasenster et soulignés par les ingénieurs qui l'entouraient, nous ont été précieux, et son discours nous a vivement émus. Votre Président y a répondu de son mieux, en disant qu'il eût bien préféré avoir à marcher derrière M. Tresca, qui se faisait d'avance une joie de guider la Société dans cette excursion ; mais qu'il était heureux d'entendre son éloge de la bouche de M. Trasenster, et qu'il se ferait un devoir de vous rapporter des paroles si élevées et qui font honneur à la fois à M. Tresca et à la Société qui l'avait placé à sa tête.

Après cette bienvenue, il avait été réglé qu'on aurait sa liberté jusqu'à l'heure de la réception à l'Hôtel de Ville. Ceux que les beaux-arts attiraient allèrent voir les tableaux, entre autres le tableau de *Patria*, qui nous a fait le même effet, dans cette belle galerie française d'Anvers, qu'à l'Exposition de 1878. Le plus grand nombre de nos collègues visitèrent le musée Plantin, sous la conduite de M. de Keyser, qui est à la

tête de la section de l'Association des ingénieurs sortis de l'École de Liège, dont le siège est à Anvers. M. de Keyser a été un guide charmant; il a expliqué les merveilles du musée Plantin avec une érudition remarquable, et tous nos camarades ont emporté de cette visite une excellente impression.

Vous savez que, à Anvers, il y a beaucoup de souvenirs de la France. Lorsque j'ai été à Anvers, pour les opérations du Jury, en traversant la grande avenue de l'Exposition, j'avais éprouvé un sentiment assez pénible en voyant annoncer en lettres gigantesques un panorama de Reischoffen ; mais, cinq cents mètres plus loin, j'avais retrouvé le bombardement de la citadelle d'Anvers par le maréchal Gérard, et je m'étais dit : Il y a compensation.

Plantin, c'est un bon Français, du bon pays de Tours, exilé lors de la Réforme. En visitant la maison de ce vieil imprimeur français, nos camarades ont su grand gré aux Anversois d'avoir conservé si religieusement la maison de Plantin et tout ce qui lui a appartenu. On y admire les portraits des membres de sa famille, depuis 1549, et on trouve là de belles dames en costume de Catherine de Médicis et d'autres en costume de Marie-Antoinette. Les générations se sont succédé pendant trois cents ans, suivant les traces de ce brave imprimeur, qui, en trente-deux ans, a donné le jour à 1,200 éditions précieuses.

Dans la cour carrée intérieure, se trouve une vigne, qui a pris des dimensions extraordinaires. Il est probable que Christophe Plantin l'a plantée lui-même, en souvenir de son bon vin de Touraine, car il ne devait pas aimer la bière *(rires)*.

Le soir, à cinq heures, nous devions être reçus par M. le bourgmestre d'Anvers, pour boire le vin d'honneur. M. de Wael, retenu un moment à l'exposition coloniale française, pour recevoir M. Cambon, notre résident à Tunis, nous a fait prier de l'attendre. M. Trasenster nous a présentés à lui et il nous a accueillis par des paroles courtoises, disant qu'il était heureux de recevoir des ingénieurs étrangers, qu'il se mettait à notre disposition, que les portes de l'Hôtel de Ville nous étaient ouvertes et que toutes facilités nous étaient accordées. — J'ai pris la parole, au nom de la Société, et je lui ai répondu que les ingénieurs français étaient excessivement heureux de visiter la ville d'Anvers et de voir les progrès immenses accomplis sous son gouvernement municipal. En effet, Anvers comptait 80,000 habitants, il y a vingt ans; aujourd'hui, il y a 210,000 âmes. Il s'est produit là une extension énorme qui fait grand honneur aux efforts du gouvernement et aux efforts de la municipalité anversoise. J'ai témoigné à M. de Wael les sentiments d'admiration de la Société. Je lui ai dit modestement que nous n'aurions peut-être pas de si beaux travaux que ceux dont il pouvait être fier à montrer en France ; mais j'ai ajouté que nous nous efforcerions de marcher sur les traces de nos amis, et que

nous espérions regagner le terrain perdu et faire de grandes choses à notre tour.

Le soir, devait avoir lieu le banquet offert par l'Association des ingénieurs sortis de l'École de Liège.

Il a été admirable de tous points, non seulement par la cordialité qui y a régné, mais par la salle même où nous avons été reçus : c'est la grande salle des fêtes du Cercle artistique; et, quand nous aurons à bâtir l'hôtel définitif de la Société, ce sera un excellent modèle à suivre. Je regrette que M. Lavezzari ne soit pas ici, nous le prierions d'aller visiter cette salle; elle est magnifique. Au fond, on a ménagé une estrade, derrière laquelle s'élèvent des gradins où l'on peut mettre des arbustes, des plantes et cacher un orchestre. Il y a deux bas-côtés et une nef, soutenue par des colonnes; et cette disposition permet de faire le service avec une grande facilité. Ce qu'il y a d'admirable, c'est que tous les membres du Cercle qui sont artistes peintres, ont voulu orner cette salle d'une œuvre signée de leur nom; ils ont voulu donner un témoignage à leurs collègues, en déployant le meilleur de leur talent. Cette salle des fêtes du Cercle ressemble donc à une salle du Louvre. Je ne connais pas de salle pareille, à Paris.

La Société des Ingénieurs civils ne peut pas avoir les peintures de ses membres, dans son hôtel; mais nous pourrions, le cas échéant, demander à tous nos collègues et à tous les constructeurs d'exposer leurs inventions et leurs modèles, et je crois que nous remplacerions ainsi, le moins mal possible, les peintures murales qui nous manqueront.

J'ai commencé par porter la santé du roi des Belges, et M. Trasenster m'a répondu en portant la santé du Président de la République. Ces deux toasts ont été très bien accueillis. M. Trasenster nous a fait ensuite un discours très éloquent, dont j'aurais bien voulu garder la trace, sur le rôle de l'ingénieur dans les temps modernes. Je prierai M. Trasenster de nous le communiquer; je ne sais pas si les journaux belges l'ont reproduit, je ne le crois pas; c'est un discours excellent. — J'ai répondu; je ne me souviens pas de mes paroles; mais, entraîné par le sujet choisi par M. Trasenster, j'ai dit : — Je vais faire un souhait, c'est que, dans les Assemblées délibérantes, car nous sommes maintenant sous un régime électif qui se répandra dans toute l'Europe, — il y ait un peu moins de médecins, un peu moins d'avocats, et un peu plus d'ingénieurs. *(Rires. — Très bien! — Vifs applaudissements.)* On me dira : « *Vous êtes orfèvre* : » — mais je crois que l'idée que j'ai émise est juste et fera un peu son chemin. Je ne dis pas qu'il faille complètement supprimer les avocats et les médecins; mais, je crois que l'ingénieur ne nuirait pas, et que les parties positives du budget s'en trouveraient bien.

M. Brüll, ensuite, a porté un toast à l'Exposition universelle d'Anvers. Cette Exposition est très belle, et M. Brüll en a fait ressortir habilement les parties les plus intéressantes; il a rendu pleine justice aux ingénieurs

de France; la galerie des machines est le clou de l'Exposition générale, et l'Exposition coloniale française est le deuxième clou, lequel nous appartient. M. Brüll a été très applaudi, et c'est M. Victor Lynen, président de la commission exécutive de l'Exposition, qui lui a répondu avec la plus grande affabilité, en remerciant M. Brüll de tout ce qu'il avait dit et en déclarant que, sans la promesse formelle du concours de la France, il n'aurait pas osé tenter l'Exposition universelle d'Anvers.

Il y eut ensuite une cérémonie touchante, M. Trasenster avait voulu nous attendre et remettre un prix fort intéressant et fort important à la fin de notre banquet.

Un généreux anonyme avait fondé un prix de 5,000 francs pour être décerné à la mine à grisou qui aurait eu le moins de victimes dans un temps déterminé. L'État, approuvant l'idée du donateur, avait ajouté 5,000 francs; il s'agissait donc d'un prix de 10,000 francs. On a fait comparaître les mines à grisou, et, finalement, le prix a été décerné à une mine dont je ne me rappelle pas le nom et qui dans le temps prescrit, dix ans, je crois, n'avait eu que deux victimes à enregistrer!

Et voyez ce que c'est que la chance : au moment où on jugeait le concours, un accident arrivait dans la mine même qui recevait le troisième prix, et si l'accident avait eu lieu un mois plus tôt, elle n'aurait peut-être pas été mentionnée.

Je me suis permis de féliciter les directeurs de la mine signalée qui siégeaient au banquet au milieu de nous, et je leur ai dit que nous tâcherions de fonder, en France, un prix analogue.

Le lendemain matin, le rendez-vous était à huit heures et demie sur la plate-forme du grand escalier qui conduit à la galerie des machines. Nous avons été reçus par M. Trasenster, et nous avons visité l'Exposition à sa suite. Puis, un lunch a eu lieu dans les wagons-restaurants placés dans les jardins attenant au palais de l'Exposition. Après ce second déjeuner, offert par les Liégeois, chacun était libre jusqu'au soir où nous devions retrouver nos hôtes à la salle des fêtes du Cercle artistique, pour leur faire nos adieux. Là, nous avons remercié M. Trasenster et ceux qui l'avaient aidé à préparer cette magnifique réception, sans oublier aucun de ses collègues; car tous ont contribué à rendre notre visite fructueuse et agréable. On me permettra pourtant de citer M. Habets, le sympathique secrétaire général de l'Association de Liège; M. de Keyser, le chef de la section d'Anvers; M. Noblet, le fils et le successeur de l'éditeur bien connu. C'est un ancien sénateur, dont je regrette de ne pas retrouver le nom, qui est directeur du Cercle artistique, et il a été touché des éloges que nous ne lui avons pas ménagés.

Le lendemain, ce sont les ingénieurs sortis de l'École de Gand qui prenaient possession de nous, avec les ingénieurs de Louvain et de Bruxelles. Nous avons été reçus dans la Salle des Fêtes de l'Exposition universelle par M. de Matthys; qui est actuellement président de la Société

des Ingénieurs sortis de l'École de Gand, avec une effusion et une cordialité dont nous conserverons toujours le souvenir. On voit que M. de Matthys aime la France comme sa seconde patrie, et nous avons été très touchés de ses paroles de bienvenue. Il était accompagné de M. Clermont, ancien président, de MM. de Beil et Lahaye, membres du Comité central de la même Association, de M. Fabry, président de l'Association des Ingénieurs de Louvain, et du vice-président de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Bruxelles, société beaucoup plus jeune et moins importante que les deux autres, mais qui avait tenu à se réunir à ses aînées pour nous recevoir. Nous avons heureusement conservé le discours de M. de Matthys, et nous aurons soin de le donner dans notre compte rendu complet. C'est après avoir prononcé ce discours que, par une attention délicate, il a remis à chacun de nous un exemplaire d'une notice très complète sur les travaux que nous allions visiter.

Nous avons commencé par parcourir, avec nos hôtes, la salle consacrée à l'exposition du corps des ponts et chaussées de Belgique, qui travaille beaucoup. Notre impression a été très vive, et nous avons admiré ce que les Belges ont fait dans cette direction et au point de vue de la question des ports et canaux. M. Hersent n'était pas avec nous : nous l'avons regretté, car nous l'aurions félicité pour la magnifique installation maritime des quais d'Anvers. Il avait laissé ses instructions à son habile ingénieur, M. Coiseau. Il était attendu à Lisbonne pour une grande affaire qui l'a forcé de partir. Si nous avions pu couper le fil télégraphique qui l'a appelé, nous l'aurions fait, quitte à lui avouer ensuite notre pardonnable trahison.

M. Coiseau, qui suppléait M. Hersent, a dirigé tous les travaux de l'entreprise depuis 1877 jusqu'à 1884; par conséquent, il a été le bras droit de l'entreprise Hersent et Couvreux. On a établi, dans le sous-sol de l'Exposition, la reproduction d'un caisson destiné à la construction d'un tronçon de quai, et nous y sommes descendus comme si nous étions dans l'Escaut. Il y avait dans cette espèce de cave un lunch très bien servi, qui nous a permis de prendre utilement des forces avant de continuer; car la journée a été une des plus rudes que nous ayons passées en Belgique. Cette visite dans ce caisson souterrain nous a beaucoup intéressés. Nous avons admiré l'éjecteur employé pour enlever les déblais : il ressemble à la pompe à sable employée en Amérique, et qui est décrite dans le rapport de M. Malézieux; seulement, il y a cette différence que la pompe à sable agit par la pression de l'eau, tandis qu'avec l'éjecteur, c'est l'air comprimé lui-même qui agit. On mélange les déblais avec une certaine quantité d'eau venue de l'extérieur, et la pression de l'air rejette le tout au dehors. Cet appareil rend de grand services et pourra en rendre dans toutes les circonstances analogues.

Nous avons ensuite visité les quais; nous avons passé par tous les quais nouveaux, et nous avons été frappés de leur immense développe-

ment. Nous avons été aussi frappés par l'aspect de la flotte, au milieu d'une ville située à quinze lieues dans l'intérieur des terres; rien de pittoresque comme ces mâts de navires qui se confondent avec les flèches et les clochers de la cité. On nous a montré le bassin Napoléon. Napoléon avait de grands projets sur Anvers; il a donné le premier coup de pioche à ce bassin, et son nom lui est resté; de sorte que, à Anvers, où il y a 25,000 Allemands, on trouve le Français à chaque pas; à Anvers le nom des rues est en flamand et en français : le flamand est au-dessus et le français au-dessous; à Bruxelles, c'est le contraire, et cela se conçoit : plus on s'enfonce dans le pays, plus le flamand domine; mais le français est toujours là; il y a toujours assez de Français pour qu'il soit nécessaire de conserver notre langue.

Après avoir vu le pont roulant et les écluses, nous avons atteint le bord de l'Escaut, où nous attendait M. de Naeyer, dont nous devions visiter les usines. Il nous a traités royalement. Il avait frété un steamer pour nous recevoir; nous étions deux cent cinquante assis pour déjeuner admirablement; c'est très difficile à organiser sur un bateau à vapeur. Pour nous embarquer, nous avions traversé un steamer de la *Red star line* où M. Von der Becke voulait nous recevoir et nous retenir, mais M. de Naeyer nous pressait tant qu'il pouvait, tenant à ne pas voir défiorer son splendide lunch.

Une fois installés sur le steamer de M. de Naeyer, nous avons vu des barques s'avancer, ornées de banderolles, et d'où partaient des coups de revolvers, des pétards, des salves de mousqueterie, qui nous annonçaient que nous étions en pays ami et que la fête commençait. Un grain semblait devoir nous atteindre au moment où nous quitterions l'Escaut pour arriver à l'embouchure du Rupel : je ne sais pas si les salves de mousqueterie ont dérangé les nuages, car nous avons été reçus comme des souverains; mais, vers quatre heures, le temps est devenu magnifique; et, quand nous sommes arrivés à l'embouchure du Rupel, en approchant du petit village de Boom, nous avons été frappés du mouvement de la population : tout le monde nous attendait, tous les habitants avaient mis leurs habits de fête; les hommes, les femmes, les vieillards, les enfants étaient sur pied; les coups de fusil ne cessaient pas. Les inscriptions surtout nous ont été au cœur. On nous a fait passer sous un arc de triomphe élevé *aux Représentants du Génie français.* Un peu plus loin : *Vive la France!* Un peu plus loin encore : *la Science ne connaît pas de frontières!* Et quand nous avons atteint Willebroeck, où sont situées les usines de M. de Naeyer, toute la population nous a salués de tout son cœur. Nous avons été forcés de quitter le steamer, parce qu'il n'y avait plus assez de tirant d'eau dans le canal de Willebroeck, et M. de Naeyer a eu cette idée délicate (il n'en a pas eu d'autres, du reste, jusqu'au soir) de nous conduire jusque chez lui sur un bateau français qui avait amené de la houille du Pas-de-Calais. Il avait établi un plancher sur ce bateau et en

avait fait une espèce de radeau, et un journal belge remarquait que ce n'était pas le radeau de la *Méduse*. *(Rires.)* — M. de Naeyer nous a dit que ces bateaux amenaient le charbon du Pas-de-Calais à Willebroeck, à meilleur marché que si on le prenait à Mons : il y a là une bien habile combinaison de tarifs.

Nous avons débarqué au grand Willebroeck, et le même enthousiasme de la population s'est manifesté. M. de Naeyer a dit : Il ne faut pas s'amuser, il y a un train spécial pour vous ramener, mais il n'y a pas de temps à perdre. Je veux vous faire voir mes usines sans vous faire grâce de rien. Il a pris ses *bottes de sept lieues*, attachées à des jambes qui ouvrent un compas proportionné à sa taille.

M. de Naeyer est un géant de six pieds. Il m'appelait et me disait sans cesse aimablement : Monsieur le Président, venez donc avec moi ! J'avais beaucoup de peine à le suivre; j'étais un nain, à côté de lui, et je faisais deux pas quand il en faisait un. Il a commencé par nous montrer sa papeterie; il nous a fait traverser les salles où l'on prépare les pâtes de bois ou de paille, les débris de coton; il nous a fait voir leur trituration et les appareils qui transforment ces pâtes en papier. Nous avons parcouru ensuite ses ateliers de fabrication de chaudières, et admiré le joint conique qui a rendu son nom célèbre. Il a 1,500 ouvriers, aujourd'hui.

Nous nous sommes arrêtés dans les écoles de jeunes filles et de garçons fondées par lui et dirigées par M^me^ de Naeyer. Frappée dans ses affections les plus chères, elle a reporté son amour maternel sur les enfants des ouvriers et sur leur famille. Elle est l'âme de la maison.

Après cette visite au pas de course, nous sommes entrés dans la salle qui précédait celle du banquet. Là, il y avait des cylindres en mouvement, dont l'un déroulait du papier bleu, l'autre du papier blanc, l'autre du papier rouge, de sorte que le drapeau tricolore semblait flotter devant nous et nous saluer.

Au fond de la salle du banquet, se tenait un orchestre de 80 ouvriers de l'usine, instruits, je crois, par le chef de musique du régiment des grenadiers de la garde, qui vient deux fois par semaine de Bruxelles pour les diriger, et nous avons été très surpris de la manière dont ils attaquaient les morceaux. Ils ont joué la *Marseillaise*, bien entendu, et la *Brabançonne* n'a pas tardé à être demandée, pour rendre la politesse. Vous connaissez la musique de la Garde républicaine; en fermant les yeux, on aurait pu s'y tromper.

Au dessert, les discours ont été chaleureux. M. de Naeyer a bu cordialement à la France; il a parlé en termes émus de notre Société. M. de Matthys a porté, avec son feu ordinaire et communicatif, la santé de M. et M^me^ de Naeyer. J'ai pris ensuite la parole pour tâcher d'exprimer ce que nos collègues sentaient en face de cette réception étonnante, que je n'ai retrouvée nulle part. Partout nous avons été bien reçus; mais vous savez que, dans les courbes, il y a, en général, un maximum; eh

bien, ç'a été là le maximum. Pourquoi donc? Je crois le deviner, c'est que c'est le seul endroit où il y ait eu une dame pour nous recevoir et pour nous présider. *(Très bien! très bien! Applaudissements prolongés.)* J'ai témoigné, autant que je l'ai pu, toute notre reconnaissance à Mme de Naeyer et je l'ai remerciée respectueusement d'avoir bien voulu présider cette fête avec une si touchante cordialité.

La fin de la soirée a été un conte des Mille et une Nuits. Sur le monticule qui domine les bâtiments, on avait tracé en lettres de feu : Vive la France! — Il y avait des lanternes vénitiennes le long du canal reproduisant les couleurs françaises, des lanternes bleues, blanches et rouges, qui se reflétaient dans l'eau, de sorte qu'il semblait que c'était le drapeau tricolore qui ondulait indéfiniment le long du fleuve. Tout le monde paraissait heureux.

Quand le train spécial commandé et mis par M. de Naeyer à notre disposition est arrivé, il y a eu une fausse manœuvre; M. de Naeyer ne se possédait pas; il voulait que le train s'arrêtât juste devant nous, comme s'il se fût agi d'y faire monter l'impératrice Catherine. Je le vois encore criant : — Attendez, Messieurs, ne montez pas! Le train recula, et il semblait que c'était la main de M. de Naeyer crispée contre les wagons qui le repoussait. C'est un géant industriel! *(Bravo! Bravo! — Applaudissements!)* Nous n'oublierons, ni Willebroeck, ni M. et Mme de Naeyer.

Le lendemain, nous avons été reçus par M. Louis Meeûs à Wyneghem : c'est la plus grande fabrique d'alcools de grains et de genièvres connue en Europe. Là, c'était autre chose : c'était l'ordre flamand dans ce qu'il a de plus remarquable. Nous n'avons pas été émus, mais nous avons admiré de toutes nos forces, pendant les trois heures que nous avons passées dans l'usine. Nous n'avons pas été émus, parce que cet alcool est inquiétant, et quand on voit les flots qui sortent de cette usine, bien que ce poison soit fait dans les conditions les plus scientifiques, on éprouve un sentiment désagréable. Mais, ce sentiment mis de côté, on est frappé d'admiration. Comme je l'ai dit en remerciant M. Meeûs : « Vous nous avez heureusement avertis que vous aviez soin d'enlever le dessus du liquide et le fond dans vos appareils de distillation. » Il paraît que la première couche renferme les substances les plus perfides et que c'est au fond que se déposent les poisons. M. Meeûs appelle cela, pittoresquement, enlever *la tête et la queue*, et il ajoute avec bonhomie : « Oh! quand on boit mon genièvre, on ne s'en trouve pas mal; les personnes qui en boivent sont complètement inoffensives et ne battent jamais leurs femmes. » — Cette affirmation nous a un peu réconciliés avec ce genièvre, qui, je crois, est excellent, malgré le danger qu'il peut présenter si l'on en abuse; — mais ce qu'il y a d'admirable dans cette usine, c'est la somme effrayante de travail que l'on fait, avec un très petit nombre d'ouvriers. Quand la campagne est ouverte, il n'y a pas plus de cent ouvriers dans l'usine de Wyneghem, et les bâtiments couvrent

deux hectares. M. Meeûs, qui est associé avec ses trois frères, et qui a commencé en 1870, en produisant 715,000 litres, en a produit plus de 10 millions en 1884, et, de ce fait, il paie près de 26,000 francs par jour à l'État belge.

Il a importé, je crois, en 1884, 46 millions de kilogrammes de grains, pour sa fabrication, et il a exporté deux millions de litres d'alcool et de genièvre. Vous voyez que c'est gigantesque. Mais, ce qui est surprenant, je le répète, c'est l'ordre inouï, la propreté merveilleuse qui règne dans l'usine. Tout l'outillage est conçu dans l'esprit le plus scientifique, de sorte qu'en pleine campagne, je l'ai déjà dit, il ne faut pas plus de cent ouvriers pour faire tout le travail.

Une exploitation agricole est jointe à l'usine. On y engraisse annuellement 3,600 têtes de bétail.

Grâce aux eaux sales de l'usine, on a converti les terrains de la Campine en belles prairies, où l'on fait quatre coupes par an; on a, à l'hectare, 14,000 kilogrammes de foin. C'est un résultat magnifique.

La marque de la maison est connue; c'est une clef, rappelant le proverbe de Franklin: *Clef non touchée, clef rouillée.* Il y a là une espèce de calembourg flamand : le mot *Rust*, qui veut dire *repos*, ressemble au mot *Roest*, qui veut dire *rouille*. La banderolle qui entoure la clef porte ces deux mots : *Rust Roest*, que nous devons lire : *Repos rouille*. M. Meeûs ne se repose pas.

Le lunch a eu lieu dans une des vastes salles de la Malterie, inoccupées l'été. Nous étions trois cents, et nous étions perdus au milieu de cette immense salle. Je vous demande pardon d'entrer dans tous ces détails. e suis peut-être un peu long. *(Non! non!)*

J'ai oublié de vous dire qu'on avait fait aussi un train spécial pour nous mener à Wyneghem, c'était un tramway à vapeur qu'on inaugurait. Il devait commencer à marcher, huit jours après; le directeur, M. de Burlet, a voulu nous faire cette bonne grâce d'avancer le jour de l'inauguration. Il s'est pressé; il a fait, la veille de notre arrivée, un voyage d'essai, se disant : « Si cela marche bien, j'emmènerai les ingénieurs français ! » de sorte que nous avons été les premiers à voyager sur ce tramway, qui va d'Anvers à Hoogstracten, en passant par Wyneghem, et toute la population nous faisait fête. Un journal a eu l'amabilité de dire qu'elle ne savait pas que c'était l'élite du génie français qu'elle voyait passer devant elle.

Nous sommes rentrés rapidement à Anvers, et nous sommes partis pour Bruxelles, où devait avoir lieu le banquet des ingénieurs réunis des Écoles de Gand, de Louvain et de Bruxelles. Il a eu lieu au Grand-Hôtel, où la salle, bien que très belle, est inférieure à la salle du Cercle artistique d'Anvers. Mais la cordialité de nos hôtes remplaçait les magnificences de la salle du Cercle artistique.

M. de Matthys a porté la santé du roi, dans un toast chaleureux.

Puis M. Fabry, président de l'Association de Louvain, a porté le toast du Président de la République, que nous avons applaudi avec plaisir. M. Périssé a porté un toast aux villes de Belgique, que nous avions parcourues et à celles que nous allions parcourir.

J'ai pris ensuite la parole pour remercier nos hôtes de la veille et du jour, et aussi pour inviter nos collègues à venir à Paris en 1889. Je leur ai promis, au nom de la Société, que nous ferions les plus grands efforts pour atteindre le degré de cordialité et d'amabilité qu'ils avaient montré à notre égard; que nous les recevrions avec toute l'amabilité française et que nous ferions tout pour leur montrer combien nous leur étions reconnaissants de leur magnifique réception.

M. Bède fils a porté un toast très applaudi à la presse scientifique. Son père, M. Bède, a été pendant quatre ans le préparateur, à la Sorbonne, de Victor Regnault, notre grand physicien. Je regrette de ne pas avoir retenu les noms des journalistes qui ont répondu au toast de M. Bède.

Enfin, M. Wellens, l'inspecteur général des ponts et chaussées, qui a dirigé les travaux du Palais de Justice de Bruxelles, nous a remerciés de nos toasts.

Vous savez que c'est l'architecte Poelaert qui a fait les plans du Palais de Justice, et que les travaux ont été exécutés conformément à ses plans.

Il est peut-être trop grand pour Bruxelles; mais, quand on entre sous la première voûte avec ces statues magnifiques à la partie supérieure, on est frappé de sa majesté puissante, et l'on doit éprouver une impression semblable lorsqu'on pénètre dans un temple égyptien, à Memphis, ou dans un temple de l'Inde. L'œuvre est évidemment hors ligne.

Poelaert est mort fou, cela arrive très souvent aux hommes de génie: on dit qu'il n'y a qu'un fil entre la folie et le génie; — espérons qu'il y a un peu d'exagération.

Quoi qu'il en soit, on peut mourir quand on laisse une pareille œuvre; et M. Wellens s'est honoré en suivant les plans artistiques de Poelaert avec l'admiration qu'on doit à une grande conception qu'on est chargé de réaliser.

Nous nous sommes donc séparés de nos collègues, en leur donnant rendez-vous pour 1889. Ils nous ont promis d'y être fidèles.

Je termine en disant à la Société que je la prie de se souvenir de la réception qui nous a été faite.

Nous tâcherons de donner un compte rendu complet de notre voyage, en y introduisant les travaux techniques qui s'y rapportent, et en demandant à ces messieurs leurs discours, de manière à les donner aussi complètement que possible. J'espère que ce compte rendu fera plaisir à tout le monde.

Si l'Exposition de 1889 a lieu, — car voilà Liverpool qui en prépare une pour 1886, et Berlin pour 1888, c'est-à-dire un an avant nous, —

si la nôtre a lieu, elle sera la plus belle de toutes; à ce moment-là, nous aurons une dette de reconnaissance à payer à nos collègues belges; il faudra que la Société ne reste pas en arrière et fasse son possible pour que le dernier mot nous reste. *(Bravo! bravo! — Vifs applaudissements.)*

La parole est à M. Brüll, qui a bien voulu se charger du compte rendu de l'excursion du côté de Gand.

M. Hauet. Je demande la permission de dire deux mots, Monsieur le Président.

M. le Président. Si M. Brüll le veut bien, M. Hauet a la parole.

M. Hauet. Dans l'exposé très intéressant qui vient d'être fait par notre Président, il y a une chose qu'il n'a pas dite, et qu'il ne pouvait pas dire : c'est que l'accueil si chaud, si cordial qui nous a été fait en Belgique, nous le lui devons en partie. Nos collègues belges connaissaient notre Président comme ingénieur, comme mathématicien : ils ont pu le juger comme orateur. Le tact exquis de ses discours, les sages doctrines qu'il a exposées à Anvers sur l'instruction publique, son patriotisme élevé lui ont conquis tous les cœurs belges, comme il possédait déjà les nôtres. *(Bravo! bravo! — Vifs applaudissements.)*

J'allais vous proposer de lui témoigner nos vif remerciements; vous l'avez fait à l'avance. *(Applaudissements prolongés.)*

M. le Président. Je remercie M. Hauet et je remercie mes collègues : rien ne peut me faire un plus grand plaisir que leur témoignage. *(Applaudissements.)*

M. Brüll a la parole.

M. Brull rend compte des excursions organisées par l'Association des ingénieurs sortis de l'École de Gand. Elles ont eu lieu les jeudi 13 et vendredi 14 août. Pour le jeudi, on avait arrangé toutes choses pour montrer, dans la matinée, le Palais de Justice de Bruxelles, et, dans l'après-midi, les grandes carrières de porphyre de Quenast situées à une vingtaine de kilomètres au sud de Bruxelles.

Nous avons été reçus devant l'entrée principale du Palais de Justice par M. Wellens, le constructeur de ce magnifique monument, inspecteur général des ponts et chaussées et la plus haute autorité du corps des ponts et chaussées en Belgique ; M. Wellens a eu la bonté de nous conduire lui-même, assisté de ses deux principaux collaborateurs, dans toutes les parties de l'édifice.

M. Wellens a consacré dix-sept années de travail à cette œuvre gigantesque dont M. le Président vient déjà de donner une idée. L'impression en est saisissante. La situation de ce palais en est merveilleusement choisie : il domine toute la ville, il domine même la province. Sans doute les plans primitifs n'ont pas été changés dans leur ensemble, mais il y a eu, dans cette longue période de travaux, de très grandes

difficultés d'appropriation pour arriver à l'exécution. Le monument est construit sur un mamelon irrégulier ; il est au niveau du sol à trois étages différents ; il y a trois rez-de-chaussée. L'édifice a une grande hauteur, et la charge sur le sol est énorme. De là de grandes difficultés de fondation. Il s'est présenté aussi des problèmes très délicats à résoudre, sur lesquels M. Wellens a bien voulu appeler notre attention. Entre autres, la façade principale présente au-dessus du portique une saillie d'un porte-à-faux considérable, dont il s'agissait de soutenir la masse très importante. La réussite de cette conception si hardie, obtenue par des moyens très ingénieux, est un véritable tour de force.

Nous avons examiné les aménagements intérieurs de l'édifice, et nous avons été frappés, entre autres, par la grande magnificence de la salle où siège la Cour de cassation, toutes chambres réunies. C'est une œuvre imposante.

Après un échange d'allocutions cordiales, nous avons été priés d'inscrire nos noms et observations sur le registre des visiteurs qu'on inaugurait ce jour-là, et nous y avons consigné le témoignage de notre admiration.

En sortant du Palais de Justice, sous la conduite obligeante de M. Verstradten, nous avons visité quelques-uns des monuments intéressants qui se trouvent dans le voisinage, et, en particulier, le Musée, où il y a une remarquable collection d'histoire naturelle et de paléontologie.

L'après-midi, un train spécial nous a conduits à la grande carrière de porphyre de Quenast. Il est merveilleux de voir l'extension qu'a prise cette exploitation ouverte autrefois dans les proportions les plus restreintes sur un gisement de roche porphyrique (diorite ou eurite) qui s'est épanché à travers les schistes siluriens : à voir l'échantillon de cette roche, on ne pourrait guère se douter de l'énorme développement qu'a reçu l'exploitation de cette matière de si modeste apparence, des débouchés qu'elle a trouvés dans des pays fort lointains : tous ces résultats ont été atteints par la puissante Société qui exploite actuellement ce gisement, sous l'habile direction de M. Adolphe Urban, et qui, depuis vingt ans, a suivi de ferme propos le plan établi dès l'abord pour l'aménagement de ces carrières. Elle occupe aujourd'hui 2,500 ouvriers, et arrache le cube énorme de roche nécessaire pour fournir 100,000 pavés par jour, en dehors du macadam, du ballast et du sable. Toute l'exploitation est aménagée avec un art merveilleux.

La carrière est exploitée par le système des gradins droits. Il y a déjà six gradins ayant environ 8 mètres de hauteur chacun. Ces gradins s'étendront, lorsque le plan définitif aura pu être réalisé, sur une longueur de près de 1,500 mètres. Actuellement, il y a encore trois carrières isolées, et les gradins sont disposés de façon à se réunir plus tard ; deux tunnels de jonction permettent de réaliser dès à présent en partie les

avantages que cette réunion pourra donner. L'abatage se fait à la poudre, et les trous de mines, autrefois faits à la main, sont aujourd'hui percés par des machines perforatrices mues à l'air comprimés. Ces perforatrice sont d'un modèle combiné dans l'établissement même et qui tient des types bien connus de Ingersoll et de Dunn.

Les trous sont forés à 6 ou 7 mètres de profondeur, soit un peu moins que la hauteur du gradin : ils sont à 3 mètres environ du bord de la roche, et on les place à une distance de 3 ou 4 mètres l'un de l'autre.

Le sautage des mines se fait trois fois par jour à des heures déterminées, mais M. Urban nous avait ménagé un spectacle curieux et imposant. Un grand nombre de mines avaient été réservées, et, placés bien à l'abri sur une sorte de belvédère, nous avons pu voir près de dix minutes de suite, les puissants gradins du colossal amphithéâtre s'effondrer en cent places étagées, au milieu du bruit tantôt sourd, tantôt éclatant des détonations successives.

Les plus gros blocs sont débités à l'aide de pétards; pour débiter les blocs de moyennes dimensions, on pratique des stries, à leur surface, et, avec de lourdes masses, en frappant à la même place plusieurs fois de suite, on parvient à rompre ces blocs suivant les traces faites à l'avance. En les divisant successivement et sur place, on obtient un bloc capable d'un type déterminé de pavé. On fait ensuite l'épinçage qui donne au pavé sa forme définitive.

Il y avait à se débarrasser d'une grande quantité de déchets qui forment déjà une montagne de grande hauteur, il fallait conduire la partie impropre à la production des pavés à une usine, où, à l'aide de concasseurs puissants, on produit le macadam, puis porter tous les produits jusqu'à une immense gare de chemin de fer, dont les nombreuses voies sont bordées de quais d'emmagasinage et de chargement. Tous ces transports se font mécaniquement par un système de chemin de fer à chaîne flottante, animé par un moteur de 120 chevaux qui sert aussi à d'autres usages. La chaîne consomme à peu près le tiers de cette force.

M. Brüll présente à l'assemblée une vue d'ensemble, qui est une photographie d'un modèle en relief des carrières de Quenast exposé à Anvers en ce moment.

M. Urban et son fils ont été pour nous tous de la plus charmante amabilité, et la musique des ouvriers de l'établissement nous a joué *la Marseillaise* et des airs qui nous ont charmés.

M. Urban nous a offert des rafraîchissements dans l'hôtel où les ouvriers célibataires sont logés et nourris. Nous avons visité avec intérêt cet établissement que la Société a installé dans les meilleures conditions.

Elle a aussi construit un grand nombre de maisons indépendantes pour les ouvriers mariés.

Après cette intéressante visite, nous sommes rentrés à Bruxelles par notre train spécial, non sans nous arrêter un instant à Tubize pour y par-

courir les ateliers de construction de la Société métallurgique, où l'on fait des locomotives. Cette importante usine est dirigée par M. Senan, ingénieur. On y construit une locomotive qui pèse 70,000 kilogrammes, en ordre de marche, ainsi que de petites machines pour chemins de fer sur routes. Nous avons vu les ateliers des forges, de la chaudronnerie, de l'ajustage, tous puissamment outillés.

Et comme, dans ces courses charmantes, que nous avons faites en Belgique, le champagne était toujours de la partie, nous avons trouvé le temps dans cette rapide visite, de boire à la santé de M. Senan et à la prospérité de l'usine de Tubize.

Le lendemain vendredi, nous sommes allés passer la journée à Gand. Là nous avons été reçus à la gare par M. Mossau, le président de l'Association des anciens élèves de Gand, pour la section de Gand, et par un grand nombre de membres de la section. Nous avons visité, dans la matinée, un grand établissement horticole. Quoique l'horticulture soit en dehors de nos préoccupations habituelles, nous avons tous été très intéressés par cette visite. L'horticulture a pris, à Gand, une très grande importance ; on produit par centaines de mille toutes sortes de fleurs, en choisissant les plantes les plus rares ; l'établissement Linden et C^ie^ dont nous avons pu visiter les nombreuses serres, emploie jusqu'à neuf personnes expertes, botanistes émérites, dont la mission consiste à voyager à la suite des expéditions qui ouvrent à la civilisation des contrées nouvelles, comme au Congo et au Tonkin ; ces *introducteurs* recueillent, à travers bien des obstacles, des plantes, des graines, des morceaux de tiges de variétés inconnus en Europe, expédient leur butin à Gand, à la maison mère. Là, après avoir reçu un petit bout de tige, desséché, qui pourrait paraître insignifiant, on obtient en peu de temps, par d'ingénieux procédés de culture forcée, une dizaine de jeunes plantes qu'on vend 1,000 et 2,000 francs la pièce à d'autres maisons d'horticulture qui ont la spécialité de la reproduction des plantes nouvelles.

Nous avons vu la plante qui mange de la viande, la plante qui attrape les mouches : et nous avons vu par milliers des plantes considérées comme très rares. C'est surtout dans les pays du Nord que ces grands horticulteurs trouvent des débouchés.

Nous avons ensuite visité la grande filature de coton de MM. de Hemptinne. C'est un puissant établissement. Nous ne savons s'il y a là quelque procédé nouveau qui mérite l'étude ; il en serait autrement, sans doute, si notre ami M. Simon, ou quelque spécialiste de nos collègues, avait fait partie de notre excursion.

Après la visite de la filature, MM. les ingénieurs de Gand nous ont fait la gracieuseté de nous recevoir à déjeuner. Je dois dire que nos aimables hôtes étaient au nombre d'une trentaine et que nous ne formions plus qu'un bien petit détachement, de sorte que nous avons dû nous excuser sur notre petit nombre dont nous avons reporté la cause à

la variété des plaisirs dont nous comblaient nos amis de Belgique, puisqu'il y avait le même jour trois excursions divergentes. Cette circonstance n'a pas empêché la plus franche cordialité et l'échange des toasts les plus amicaux.

M. Massau nous a fait faire alors la connaissance de M. Braun, l'ingénieur de la ville de Gand, et ces messieurs nous ont fait faire une jolie promenade sur l'Escaut et nous ont montré les installations maritimes qui viennent d'être construites ; on n'attend plus que le drainage du chenal pour faire de Gand un port maritime pouvant recevoir les navires de 4 mètres de tirant d'eau. La ville de Gand est remarquable par ses filatures et son industrie ; elle reçoit et exporte un tonnage important, et cette facile communication avec la mer rendra un puissant service à la ville et à toute la région. On a quelque peu toasté encore pendant ce charmant après-midi : sur la terre et sur l'eau, on nous a versé partout les vins de France. Le soir venu, nous sommes rentrés à Gand, et, de là, à Bruxelles.

Le dimanche a eu lieu, à Bruxelles, un cortège pour lequel on avait bien voulu nous réserver des places ; on fêtait le cinquantenaire de la création des chemins de fer belges. Là, nous avons vu se succéder la reproduction fidèle des moyens de transport employés en Belgique depuis le radeau des temps barbares, jusqu'aux locomotives les plus puissantes, jusqu'au tramway à vapeur, en passant par le carrosse, la berlines, la diligence, et sans oublier le premier train du chemin de fer de Bruxelles à Anvers.

M. Brüll a rapporté un petit album qui donnera une légère idée de ce qu'était ce remarquable cortège si artistiquement disposé.

Enfin, dans la soirée, une fête était donnée, à la Bourse de Bruxelles, par les négociants qui forment le Comité de la Bourse des métaux et charbons. Le Palais de la Bourse de Bruxelles est fort beau, comme chacun le sait ; il avait été luxueusement décoré pour la circonstance par des fontaines, des fleurs et des lumières électriques. C'est là qu'a eu lieu, depuis huit heures jusqu'à minuit, une réception magnifique, avec concert donné en partie par les musiciens de l'usine de Willebroeck.

Nous nous sommes approchés de M. Ernest Rollin, président de la Bourse des Métaux de Bruxelles, et nous lui avons exprimé, avec nos compliments, les remerciements de la Société pour avoir bien voulu envoyer à chacun de nous une invitation. Il a répondu qu'il était bien naturel aux négociants et industriels de Belgique de faire accueil aux ingénieurs français, qu'il y avait des liens étroits entre les industriels et les ingénieurs, qu'on devait en grande partie à ceux-ci le brillant développement qu'avait reçu l'industrie, et qu'il était heureux de voir que nous avions répondu à son invitation. Nous étions une trentaine à cette fête, qui a formé le digne couronnement de nos excursions. *(Applaudissements).*

M. le Président. Je remercie M. Brüll de son très intéressant et substantiel résumé, et je demanderai avec lui si quelqu'un de nos collègues présents est allé à Charleroi ? Personne ne peut nous dire un mot de cette excursion? — Alors, je vais donner la parole à M. Moreau, qui veut bien remplacer M. Périssé. Comme je vous le disais tout à l'heure, notre collègue a été souffrant, et il a prié M. Auguste Moreau de vouloir bien le remplacer pour le compte rendu de l'excursion du côté de Liège et de Spa.

M. Auguste Moreau a la parole.

M. Auguste Moreau avait préparé un compte rendu assez complet, mais, l'heure étant très avancée, il va l'écourter le plus possible.

PREMIÈRE JOURNÉE.

Jeudi 13 août.

Le jeudi 13 août, à 7 h. 25 du matin, la plus grande partie de nos collègues, en tout environ 90 personnes, prenait un train spécial à la gare du Nord, à Bruxelles, et partait pour Liège. — L'administration des chemins de fer belges avait d'ailleurs, comme la Compagnie du Nord en France, mis gracieusement à notre disposition des billets à demi-place que l'on délivrait sur la présentation de cartes d'identité spéciales, distribuées par les soins de nos confrères belges.

A 9 heures et demie on arrivait à Liège où nous étions reçus à la gare des Guillemins par une délégation d'ingénieurs liégeois, ayant à leur tête leur Président, l'honorable M. Trasenster, M. Habets, le secrétaire de leur association, et M. Canon, le secrétaire de la section spéciale de la ville de Liège. Ces messieurs, inspirés par notre sympathique confrère M. Taillard, dont le dévouement et l'activité ne se sont pas démentis un seul instant, avait eu la délicate pensée d'amener à la gare une grande voiture, dans laquelle s'empilèrent tous nos bagages sortant des fourgons du chemin de fer, et qui alla déposer nos malles et nos valises aux différents hôtels qui nous étaient désignés.

A 9 h. 45, nous repartions par un nouveau train spécial du tramway à vapeur *Liége-Seraing*, et à 10 h. 15 nous arrivions à Ougrée où nous étions appelés à visiter les forges, aciéries et hauts fourneaux qui portent ce nom.

Une étude détaillée de ces installations sera donnée dans le compte rendu complet que nous préparons en ce moment. Nous nous bornerons donc, pour aujourd'hui, à donner quelques renseignements sommaires sur les usines visitées dans cette excursion.

La fabrique de fer d'Ougrée date de 1846. — En 1858 on y adjoignit l'usine pour la fabrication des bandages par le procédé Petin et Gaudet

de Rive-de-Gier. Cette adjonction lui a valu, pendant plusieurs années, le monopole de la fabrication des bandages en Belgique.

Depuis 1858 on a beaucoup agrandi l'usine et renouvelé les installations ; la fabrication s'est adonnée surtout aux spécialités exigeant le puddlage du fer à grain fin et l'acier puddlé. Puis l'apparition de l'acier Bessemer et du procédé Thomas est venue envahir toutes les spécialités qui constituaient la puissance de la Société. Aussi celle-ci, menacée dans ses œuvres vives, a-t-elle décidé, en 1880, l'installation du procédé Bessemer dont nous avons pu voir fonctionner les convertisseurs. Les produits fabriqués sont surtout les rails de grande longueur, les bandages, les essieux, les lames de ressort, les barres marchandes et les tôles. La Société possède d'ailleurs, à côté de l'usine, une mine de houille permettant d'extraire 400 tonnes par jour. Le charbon donne un excellent coke.

Le Président du Conseil d'administration, M. Mockel, et le Directeur des forges et aciéries, M. Aug. Raze, nous firent eux-mêmes, avec la meilleure grâce du monde, les honneurs de cette vaste installation.

A 11 heures seulement on put se diriger vers les hauts fourneaux, qui constituent une usine spéciale dirigée par M. Cheneux. En entrant, on constate que le pavillon français flotte partout à côte du drapeau belge au sommet des principales halles. Ces hauts fourneaux sont au nombre de 4, dont 3 ont été reconstruits depuis 1878. Ils ont 17 mètres de hauteur et $5^{m},25$ de diamètre. Ils présentent un volume intérieur de 246 mètres. La production journalière par fourneau est de 60 à 70 tonnes. On y fabrique la fonte blanche, la fonte Spiegel, la fonte Bessemer, la fonte Thomas. La production obtenue avec deux hauts fourneaux pendant la campagne 1883-84 a été de 44,000 tonnes.

Les gueulards sont à prises de gaz ; ceux-ci suffisent au chauffage de l'air et à la production de la vapeur nécessaire à la marche de la soufflerie, des monte-charges et des moteurs accessoires. L'air est chauffé à 600° par des appareils à briques, système Whitwell, au nombre de quatre par fourneau.

Les machines soufflantes sont au nombre de 3 ; 2 du système Evans à balancier et une du type de Seraing.

La Société fabrique elle-même son coke au moyen de fours Appolt. — La production en 1883-84, a été de 55,000 tonnes,

Les minerais viennent de Namur et du Luxembourg pour le fer ; d'Allemagne, de Grèce et d'Espagne pour l'acier.

Le charbonnage s'étend sous une surface de 378 hectares et à une profondeur de 300 mètres. L'extraction en 1883-84 a été de 87,000 tonnes.

Au jour, des installations fort intéressantes sont disposées pour la préparation, le triage et le lavage du charbon, le transport par wagonnets, etc.

Partout on remarque l'absence presque complète de main-d'œuvre et

bon nombre de travaux même assez durs sont exécutés par des femmes que l'on emploie le plus possible.

Enfin, le tout est complété par des cités ouvrières très intelligemment disposées de manière à recevoir en abondance l'air et la lumière ; un fait caractéristique, c'est la grande variété qui a été recherchée dans la composition des façades à ce point qu'on y trouverait difficilement deux façades identiques.

Les maisons sont isolées ou groupées par deux, trois ou quatre au plus.

Le groupement de quatre maisons en carré a été rigoureusement écarté comme s'opposant à une bonne ventilation et présentant le grave inconvénient du dépôt, au devant des habitations, des objets sales et encombrants qui, dans les groupes en long, trouvent place derrière les maisons. Chaque habitation est d'ailleurs entourée d'un jardin. Par huit habitations, il y a un fournil et une borne fontaine.

Tout le monde fut frappé en visitant ces belles installations, de l'ordre, de l'activité et de l'économie qui règnent partout. On a entre autres, comme nous l'avons déjà signalé, poussé jusqu'aux dernières limites l'art de supprimer la main-d'œuvre et de n'employer que les moyens mécaniques.

A midi précis, on passe dans les salons de l'habitation de M. Cheneux, où nous est servi un splendide déjeuner qualifié modestement par nos hôtes du nom de *lunch*.

Dans un très remarquable toast porté au dessert et très chaleureusement applaudi, M. Cheneux expose les progrès importants qui ont été réalisés en métallurgie dans les usines belges, rend justice à la science des ingénieurs et à la modération des exigences de la main-d'œuvre en Belgique et paye un juste tribut de reconnaissance à la métallurgie française dans les termes suivants :

« Cette science, c'est bien souvent à des sources françaises que nos ingénieurs vont la puiser. Qui ne se rappelle, à l'Exposition de Paris en 1878, les magnifiques travaux de la Société de Terre-Noire sur les alliages du silicium, du tungstène, du chrome, sur les ferro-manganèses, sur la composition des fontes de moulage et celle des aciers, enfin, précisément, sur la composition d'une fonte destinée à la production d'un fer donné ! Qui ne se souvient aussi sur les mêmes objets de la belle exposition de MM. Jacob-Holzer et C^ie ?

« Parmi les ouvrages techniques que nous avons journellement entre les mains, le traité de M. Grüner est une œuvre classique pleine de révélations. Sans vouloir prétendre que la première idée du procédé Thomas ait germé dans cette publication, on doit avouer que les considérations nombreuses et précises qu'elle renferme sur ce sujet, traçaient la voie à suivre pour arriver à cette brillante découverte. Un autre ouvrage qui vient de paraître *sur la fabrication de la fonte* et qui renferme des aper-

çus tout à fait nouveaux, est dû encore à un des vôtres, à M. L.-D. Vathaire.

« Je m'arrête.

« J'en ai dit assez pour motiver la joie que j'éprouve à lever mon verre ; à la science et à l'industrie française, à leurs dignes représentants, messieurs les membres de la Société des Ingénieurs civils et à leurs dignes président et vice-président. »

Nos collègues ont été d'autant plus frappés et touchés de cet acte de justice de M. Cheneux, qu'ils savaient tous qu'en France, certaines personnes professent, jusque dans les grandes écoles officielles, une estime fort modérée pour la métallurgie française et une admiration aussi exagérée qu'injuste pour la métallurgie allemande.

Notre vice-président, M. Périssé, remercia les Sociétés d'Ougrée de leur accueil si cordial et reporta la plus grande partie du succès de ces usines modèles à leurs deux directeurs si distingués, MM. Raze et Cheneux, Ces éloges si mérités furent couverts d'applaudissements.

Quelques minutes après, tout le monde s'embarquait sur un bateau à vapeur, le Michel-Orban, pavoisé aux couleurs belges et françaises et arrivait à deux heures précises au pont de Seraing.

Sur la rive était le directeur général, M. Sadoine, entouré d'un état-major d'ingénieurs, chefs des différents services de l'usine Cockerill, parmi lesquels on remarque M. Kraft, ingénieur chef de la construction des machines et M. Greiner, ingénieur chef des aciéries.

Ces vastes établissements datent de 1817; à cette époque un Anglais, John Cockerill, vint s'installer dans l'ancien château historique des princes-évêques de Liège et y établit dans le parc les premiers éléments de son usine. Régis jusqu'en 1860 par le fondateur, les établissements furent à sa mort dirigés par son neveu et collaborateur G. Pastor jusqu'en 1868. Depuis cette époque, ils sont placés sous la direction d'un homme éminent, M. E. Sadoine, ancien ingénieur en chef de la marine [1].

Ces établissements sont immenses et leur valeur actuelle est d'environ 33 millions de francs. Depuis l'arrivée de M. E. Sadoine, cette valeur s'est accrue du chiffre colossal de 30 millions ; c'est un établissement de premier ordre, le premier de la Belgique et l'un des plus importants du monde entier. Il occupe 11,000 personnes, compte 382 moteurs fournissant au minimum 14,500 chevaux de force. Il est le premier en Belgique qui ait mis en pratique l'idée de créer pour son compte une flottille composée de 10 vapeurs pour les approvisionnements en minerais et les expéditions par voie de mer de ses produits. Le chantier de construction navale lui appartenant est à Hoboken près d'Anvers, sur l'Escaut; on y a construit

1. Rappelons que M. Sadoine vient d'être nommé récemment baron par S. M. le Roi des Belges.

depuis sa fondation plus de 300 navires de toutes espèces d'un tonnage total de 120,000 tonneaux.

Les appointements et salaires du personnel, non compris environ 300,000 francs distribués en secours et pensions, s'élèvent annuellement à plus de 10 millions.

La visite de l'usine eut lieu sous la conduite de M. Sadoine lui-même, qui avait tout réglé et fit tout exécuter militairement. A l'entrée de chaque atelier, M. Sadoine présentait à notre vice-président, M. Périssé, le chef de service en le priant de fournir aux ingénieurs français *tous les renseignements qu'ils pourraient lui demander*. On visite ainsi les forges, fonderies, aciéries, hauts fourneaux, chaudronneries, ateliers de construction, les salles du génie, de photographie, le modelage.

Les visiteurs sont surtout frappés par les aciéries et la magnifique installation des convertisseurs avec les hauts fourneaux, leurs voisins. Les lingots fondus ne sont pas réchauffés, on les porte simplement dans les pits gjers ou fours en matériaux réfractaires et non chauffés. Mais la chaleur centrale du lingot vient elle-même réchauffer la surface qui a commencé à se figer, celle-ci ne pouvant plus se refroidir en face des parois de ce four déjà chauffées par les lingots précédents.

On y fabrique depuis très longtemps déjà des rails à trois longueurs : c'est d'ailleurs la première usine de Belgique pour les progrès réalisés dans la fabrication de l'acier.

On remarque fort aussi un atelier de moulage de pièces mécaniques où les moules sont confectionnés sans modèle, et rien que sur le dessin en taillant le sable[1].

Un tramway spécial à l'usine emmène ensuite tout le monde au sommet d'une véritable montagne artificielle créée par les dépôts de scories et de laitiers accumulés depuis la fondation.

Puis on se rend à la houillère Collard. On avait déjà visité le puits Marie avec son grand ventilateur Guibal et ses perforateurs.

On remarque au passage l'atelier de construction de roues système Arbel.

Au siège Collard, nous rencontrons les jeunes enfants de l'orphelinat de la Société. Cette institution élève cent vingt-sept orphelins.

Au puits Collard, l'attention était attirée surtout par le tambour d'extraction hélicoïdal avec câble rond en métal.

Enfin le même tramway nous ramenait au point de départ émerveillés de la tournée. Un verre de vin de Champagne gracieusement offert avant de prendre congé, fournit à M. Périssé l'occasion de porter, avec succès, un toast de remerciement à M. Sadoine, l'habile directeur de ces vastes

1. Les bâtiments de chaque genre de fabrication sont peints d'une couleur spéciale renouvelée chaque année. Partout règne une propreté et une bonne tenue que nous n'avons jamais vues nulle part ailleurs.

usines, « qui, dit M. Périssé, a fondé une seconde fois les établissements Cockerill ».

Enfin, à 6 heures on reprenait le bateau pour Liège et aussitôt en mouvement, après avoir quitté le rivage, on acclama le personnel de l'usine et spécialement M. Sadoine, par une triple salve de bravos.

Le soir à 9 heures, on se retrouvait au Trink-Hall de Liège pavoisé de drapeaux français et l'orchestre en nous apercevant nous accueillit en jouant *la Marseillaise*. Notre confrère belge, M. Canon, y fit les honneurs avec beaucoup de cordialité.

M. Auguste Moreau expose ensuite le programme réalisé pendant la seconde journée.

DEUXIÈME JOURNÉE

Vendredi 14 août.

Nous étions encore environ 80 ingénieurs français les uns partant de la gare de Liège-Longdoz à 8 heures 30 pour Chênée, les autres nous retrouvant à l'usine d'Angleur, dite de *la Vieille-Montagne*.

M. de Sinçay, directeur général de tous les établissements de la Vieille-Montagne, vint lui-même à la gare nous attendre et nous conduire à l'usine d'Angleur.

M. de Sinçay, français d'origine, a repris depuis près de quarante ans ces établissements classiques de la fabrication du zinc et les a complètement transformés, de sorte qu'ils constituent aujourd'hui une des plus importantes installations qui existent dans ce genre.

A notre entrée dans la cour de l'usine, l'excellente harmonie des établissements joue la *Marseillaise* et est fort applaudie. Puis, nos collègues sont divisés en plusieurs groupes conduits par MM. de Sinçay, père et fils. M. Vappart, le directeur technique de l'usine d'Angleur, MM. Dejoler et Badoul, anciens élèves de l'École Centrale de Paris. Pendant deux heures, on parcourt toutes les parties de cette vaste usine, se rendant compte de toutes les phases de la fabrication et des importants progrès réalisés dans ces dernières années, spécialement dans la disposition des fours. On remarque surtout la fabrication des produits réfractaires qui est faite avec un soin extrême ; les creusets sont confectionnés mécaniquement d'une façon fort ingénieuse. Partout règne l'ordre le plus grand et l'absence presque complète de main-d'œuvre : tout se fait mécaniquement On admire fort les broyeurs de M. Vappart qui broient la calamine et le charbon devant fournir le mélange passé au creuset; on est frappé de l'absence complète de la plus légère poussière,

Mais ce qui a excité le plus l'admiration, c'est le travail du laminoir. Il y a une équipe d'une habileté surprenante et qui fait en se jouant

un travail des plus difficiles et des plus délicats avec une production journalière de beaucoup supérieure à ce qu'on obtient ordinairement.

L'outillage pour travailler le zinc est d'ailleurs très puissant; on y remarquait entre autres une énorme cisaille recevant son mouvement de la partie inférieure.

Un excellent déjeuner réunissait ensuite tous les excursionnistes dans la grande salle de l'établissement, et au dessert, M. de Sinçay porte un toast de bienvenue et de remerciements aux ingénieurs français qui ont bien voulu s'arrêter à la Vieille-Montagne. Il prononce quelques paroles d'à-propos sur la *crise industrielle* qui n'est qu'un excès de production de la vieille Europe, crise qu'il espère voir cesser par l'ouverture de contrées jusqu'ici inaccessibles comme le Congo et le Tonkin.

Ce toast est très chaleureusement applaudi.

M. Périssé remercie, aux applaudissements de tous, M. de Sinçay de l'accueil si cordial qu'il a fait aux ingénieurs français et boit à la santé de M. de Sinçay et de M. Vappart.

M. Trasenster recommande aux ingénieurs de ne pas négliger les études commerciales qui leur font si souvent défaut. C'est ce qui a fait en grande partie le succès de la Vieille-Montagne qui a des usines dans le monde entier. Il porte également la santé de M. de Sinçay,

Ce toast a été vivement applaudi.

A une heure on reprenait le chemin de fer et l'on partait pour le Trooz, toujours en train spécial. MM. Montefiore-Lévi, sénateur, et Buls, bourgmestre de Bruxelles, se joignent à nous, et tout ce monde descend à une heure vingt à la gare de Trooz, où l'on est reçu par M. le Sénateur d'Andrimont, administrateur gérant des Charbonnages du Hasard et par tous les ingénieurs de la Société, parmi lesquels MM. Paul et Maurice d'Andrimont, fils de M. l'Administrateur-gérant. L'harmonie des Charbonnages joue la *Marseillaise* aux grands applaudissements de tous, et, après les présentations, le train, où nous remontons, est remorqué jusqu'à la gare privée du Boy-Bonnet, L'harmonie du Hasard, installée sur une plate-forme, joue pendant tout ce temps les plus beaux morceaux de son répertoire. Le paysage est splendide, et nous sommes ici fort loin des plaines immenses et uniformément plates des Flandres. Le chemin de fer se déroule au fond d'une étroite vallée encaissée dans des montagnes escarpées et couvertes de forêts de pins. Le bâtiment de service de la gare de Trooz est lui-même en harmonie avec le paysage et présente la physionomie d'un petit pavillon moyen âge de l'effet le plus pittoresque.

Arrivés à l'installation du Boy-Bonnet, on a remarqué le transport par chaîne flottante qui amène les charbons à fleur du niveau d'un puits vertical situé à plus de 3 kilomètres, à Micheroux. Une autre chaîne flottante, inclinée à 30°, remonte au sommet, par le flanc de la montagne, les pierres qui entrent dans une assez forte proportion dans les houilles ex-

traites. Tout cela fonctionne avec une régularité parfaite depuis la création, c'est-à-dire depuis 1871.

Le classement, le triage, le lavage des charbons et la fabrication mécanique des briquettes agglomérées se font d'une façon des plus perfectionnées et pouvant passer pour des modèles.

Puis de là on s'est rendu partie en voiture, partie à pied, à 3 kilomètres de distance, à Micheroux, au sommet de la montagne, où se trouve la bouche le moulinage du puits précité.

L'installation la plus intéressante de ce plateau est l'hôtel Louise, créé par M. d'Andrimont, et à ses frais, pour loger les mineurs célibataires. Ceux qui sont mariés ont de charmants petits cottages un peu plus loin dans la campagne. Dans cet hôtel, moyennant 1 fr. 50 par jour, les mineurs font quatre repas ! Ils trouvent, en outre, à prix coûtant, un magasin d'étoffes pour habillements, des costumes tout prêts, de l'épicerie, des objets de consommation, etc. Dans tout cela, M. d'Andrimont prend libéralement à sa charge la plus grande partie des frais généraux et ne prélève aucun bénéfice.

Pendant ce temps, un certain nombre de nos collègues et la femme de l'un d'eux, madame Chevalier, étaient descendus dans la mine et se faisaient photographier à la sortie ; la photographie a été envoyée depuis au secrétariat.

La propreté est excessive partout ; les mineurs ont chacun deux costumes, et tous les jours ils en ont un de lavé qu'ils retrouvent propre le lendemain. En outre, des salles de bains sont à leur disposition ; on trouve dans l'hôtel jusqu'à une grande salle de concert, une sorte de casino, où M. d'Andrimont nous offrit un lunch pendant que l'harmonie, logée dans les galeries supérieures, jouait de nouveau la *Marseillaise*, qui était suivie de fort jolis morceaux de son répertoire.

Au dessert, M. d'Andrimont, dans une improvisation pleine de cordialité et de bonne humeur, boit à la santé de Mme Chevalier, qui avait courageusement accompagné son mari dans cette fatigante excursion, à la Société des Ingénieurs civils de France, dans la personne de M. Périssé, qu'il se rappelle déjà avoir vu il y a douze ans, alors qu'il était délégué de la Société, à l'occasion du vingt-cinquième anniversaire de la fondation de l'école de Liège ; à l'union des Charbonnages du Nord de la France, dans la personne de leur président, M. Vuillemin.

Ce toast est couvert de chaleureux applaudissements. M. Vuillemin remercie en termes pleins de cordialité.

M. Périssé, rappelant la phrase de Mme de Sévigné, porte un toast au plus galant, au plus empressé, etc., des hommes que tout le monde va nommer.

Tout le monde, en effet, nomme à la fois M. d'Andrimont, pour lequel on pousse un formidable hourra !

A 6 h. 30 on repartait par train spécial à Liège, et le soir à 9 heures

on se retrouvait en grand nombre à l'Institut électro-technique fondé par M. Montefiore, qui ouvrit dans ce but un crédit de 100,000 francs, promettant de faire plus si cela était insuffisant.

On apprécia beaucoup une conférence de M. Eric Gérard indiquant le but et l'organisation de l'Institut, le système d'études suivi et les épreuves à subir pour obtenir le diplôme d'ingénieur-électricien.

La soirée se termina par une promenade dans les laboratoires et par l'étude sur place d'un grand nombre d'appareils des plus intéressants.

M. Auguste Moreau termine par la troisième journée : celle qui a été consacrée exclusivement à l'excursion dans la ville et les environs de Spa.

TROISIÈME JOURNÉE

Samedi 15 août

Nous étions encore une cinquantaine d'ingénieurs français pour aller à Spa. Comme on le voit, c'est avec ténacité que l'on était resté jusqu'au bout en nombre.

Arrivés à la gare de Spa vers 11 heures du matin, nous étions reçus par le comité local des ingénieurs sortis de l'École de Liège, composé de MM. Noblet, président; Deck, ingénieur de la ville de Spa; Bourgeois et Dechoisneux, et d'une trentaine d'ingénieurs liégeois. Accompagnés par ces messieurs, nous nous rendons au salon du Pouhon où se trouve la source de Pierre-le-Grand, et où nous sommes reçus de la façon la plus courtoise par M. Lezaak, bourgmestre de Spa, et MM. Lousberg et Fontaine, échevins. M. Lezaak nous adresse quelques paroles de bienvenue très goûtées.

En fait d'eau ferrugineuse, on nous offre d'excellent vin de Champagne, ce qui n'empêche pas quelques fanatiques de goûter quand même l'eau de la source.

On visite ensuite la source du Pouhon, celle du prince de Condé, l'établissement des Princes, le Casino, la galerie de tableaux, le théâtre. Dans la grande salle de l'établissement, nous entendons une conférence fort intéressante de M. Deck sur les eaux de Spa, leur composition, les principaux travaux pour la captation des sources et le chauffage des eaux qui sont naturellement froides, etc.

De là on se dirige vers le parc, on parcourt la classique allée de Sept-Heures. On étudie en passant le filon d'*Eurite*, cher à tous les géologues, et à une heure un splendide lunch réunit tous les excursionnistes belges et français dans la galerie Léopold, magnifiquement décorée pour la circonstance. Pendant ce temps, l'excellent orchestre du Casino, gracieusement prêté par le concessionnaire des installations balnéaires, M. Girondeau, joue ses plus beaux morceaux sous la direction de l'éminent artiste M. Lecocq.

Au lunch, assistait M. le général Dombronitzky, commissaire général de l'exposition russe à Anvers, qui nous accompagna dans toutes nos excursions de l'après-midi. Ce déjeuner en plein air devant les grands arbres du parc, avec la montagne verdoyante en face de soi, et la musique de la symphonie était vraiment une chose délicieuse et fut particulièrement apprécié. — L'amabilité de nos hôtes fut d'ailleurs sans limite et se traduisit dans tous les détails. Ainsi M. Noblet n'eut-il pas la pensée éminemment délicate d'offrir à chacun de nous un petit bouquet de bruyère blanche, un produit des plus rares et des plus recherchés du pays?

Le toast porté par l'infatigable M. Trasenster au dessert fut particulièrement aimable. « Les ingénieurs français ont pu croire, dit-il, comme le bruit lui en est venu aux oreilles, que leurs collègues belges voulaient les exterminer jusqu'au dernier à coups de festins et de champagne; ils peuvent aujourd'hui se convaincre qu'il n'en est rien, puisqu'on les a amenés dans la ville de Spa, qui est le véritable temple de la santé. Il boit aux ingénieurs civils de France et au plaisir de les voir revenir individuellement dans le pays de Liège. »

Le toast obtient un succès considérable, M. Périssé remercie l'Association des ingénieurs sortis de l'École de Liège de leur réception *royale*, car on ne ferait pas mieux pour une Majesté, comme l'a si bien dit ailleurs notre président, M. de Comberousse. En présentant nos adieux à nos excellents confrères et amis belges, il désire porter un toast spécialement à M. Trasenster, à M. Habets, le dévoué secrétaire de l'Association liégeoise, et à MM. Noblet, Deck, ainsi qu'au comité local de Spa.

Il porte ensuite un toast à M. Lezaak, bourgmestre, et à la municipalité de Spa, ainsi qu'à M. Girondeau, le fermier des établissements balnéaires, qui a contribué pour une si large part à la cordiale réception qui nous a été faite.

M. Lezaak répond en exprimant sa reconnaissance pour la marque de sympathie dont il est l'objet et, à la demande de tous, la symphonie joue la *Marseillaise*, puis la *Brabançonne*, au milieu de l'enthousiasme général.

Après une promenade dans le parc, nous montons dans une vingtaine de voitures de toutes sortes, mails, breaks, landaux, paniers, etc., et nous faisons la promenade classique du tour des fontaines accompagné de M. de Sinçay, ancien directeur général de la Vieille-Montagne, qui n'avait pu assister au lunch et était venu nous rejoindre. Nous jouissons d'ailleurs d'un temps superbe qui permet d'autant mieux d'apprécier les frais ombrages de la forêt et la limpidité des eaux des cascades de la promenade de Meyerbeer. A chaque source nouvelle, le Barissard, la Géronstère, la Sauvenière, le Tonnelet, etc., on descendait de voiture pour

prendre un verre offert par nos hôtes et qui contenait, il faut bien l'avouer, tout autre chose que de l'eau, fût-elle minérale.

Enfin, on rentre à Spa où l'on admire encore les nouvelles écoles communales dont l'architecte M. Houzac fait les honneurs, et le soir on se dit adieu dans le parc en entendant le grand concert de l'allée de Sept-Heures.

La tournée dans le pays de Liège était terminée, mais non l'excursion en Belgique. La plupart de nos collègues en effet se retrouvaient le lendemain dimanche à Bruxelles, pour assister à la grande cavalcade historique des moyens de transport à l'occasion du cinquantenaire de la création des chemins de fer belges et dont M. Brüll a rendu compte il y quelques instants. Des places réservées nous avaient été offertes par le sympathique bourgmestre de Bruxelles, M. Bulls. Nous avons retrouvé là ceux de nos collègues qui avaient suivi l'excursion de Gand et qui, comme nous, revenaient enthousiasmés de l'accueil si cordial qui leur avait été fait partout.

Après la soirée ou, comme on dit en Belgique, le *raoût* offert par la Bourse des métaux et charbons, un grand nombre de nos collègues se sont décidés à revenir le soir même, en passant la nuit en chemin de fer. Il y avait, en effet, impossibilité complète, si l'on n'y avait pensé à l'avance, de trouver ce soir-là dans tout Bruxelles un simple cabinet pour se coucher.

M. Auguste Moreau conclut enfin en disant que cette tournée a été excellente sous tous les rapports : excellente au point de vue technique, excellente sous le rapport de la confraternité professionnelle, et excellente au point de vue plus élevé du rapprochement entre deux peuples qui doivent être amis.

Nos hôtes ont été d'ailleurs partout admirables d'empressement et de cordialité, et nous ne saurions terminer ce compte rendu rapide, et d'ailleurs provisoire, sans vous proposer de vous joindre à nous pour remercier nos confrères de l'Association des ingénieurs sortis de l'École de Liège et particulièrement M. Trasenster, l'infatigable président. M. Habets, le dévoué secrétaire, M. Canon, secrétaire du comité local de Liège, et M. Noblet, président du comité local de la ville de Spa. *(Applaudissements.)*

M. le Président. Je remercie M. Auguste Moreau d'avoir si bien et si consciencieusement remplacé M. Périssé.

MM. Bouron, Gaiffe, Gruner, Guasco, Lelong, Mlodecki, Musnier, Saintignon et de Schulthep ont été reçus membres sociétaires.

MM. Rogerson et Voisine ont été reçus membres associés.

La séance est levée à onze heures et demie.

Séance du 16 octobre 1885.

PRÉSIDENCE DE M. DE COMBEROUSSE

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT. Nous avons le plaisir d'annoncer à la Société la promotion au grade de commandeur, dans l'ordre de la Légion d'honneur, de notre collègue, M. Ronna, directeur de la Société autrichienne des chemins de fer de l'État.

Dans la dernière séance, parmi les ouvrages offerts à la Société, M. le Président a oublié de mentionner le *Traité de Statique graphique appliquée aux constructions*, de notre collègue M. Seyrig. Il s'est reproché, après coup, d'avoir oublié de le mentionner en séance. C'est un ouvrage complet, texte et atlas. M. Seyrig est trop connu de la Société pour qu'il soit nécessaire de recommander son ouvrage.

Parmi les ouvrages offerts aujourd'hui à la Société, il faut signaler le *Catalogue de l'Exposition coloniale de la République française* à Anvers, dû à notre collègue, M. des Tournelles, qui était commissaire-adjoint à cette exposition coloniale, et deux autres volumes imprimés à l'Imprimerie nationale, renfermant des documents fort intéressants sur l'Exposition coloniale française d'Anvers. Tout ceux qui ont visité l'exposition d'Anvers savent que cette exposition coloniale française a été une des choses les plus remarquables de l'exposition. Ces notices coloniales sont très importantes, et un de nos secrétaires, M. Auguste Moreau, pourra nous en donner un résumé : Il y est question de la Cochinchine, du Tonkin, de nos possessions dans l'Océanie et au Sénégal; enfin de toutes nos colonies. L'honneur de l'exécution de ces deux volumes doit être surtout reporté à M. Grodet, qui, sous-directeur des colonies au ministère de la marine et des colonies, se trouvait être le commissaire du gouvernement français, pour cette exposition coloniale : M. Grodet a fait là un travail très utile, comme vous le verrez par le résumé qui en sera donné, et nous ne pouvons que le remercier de l'envoi qu'il veut bien nous faire.

Nous avons reçu une lettre de notre collègue, M. Bancilhon, qui se rapporte au canal de Panama; elle est intéressante; mais, comme elle touche un peu la question financière, et que nous n'avons pas pour habitude de traiter ces sujets en séance, nous déposerons la lettre de

M. Bancilhon au secrétariat, à la bibliothèque, afin que ceux que la question intéresse puissent la consulter.

Nous avons reçu au nom de M. Taillard une réclamation. Dans l'exposé rapide de notre excursion en Belgique, M. le Président a dit que M. Taillard était administrateur de la Société des wagons-lits. Il s'est ému de cette qualification, parce que c'est notre collègue, M. Nagelmackers, qui est directeur et administrateur de la Société. Nous donnons acte à M. Taillard de cette rectification. Mais il a été si aimable avec nous, il nous a témoigné à tous tant de bienveillant dévouement, que notre erreur est bien compréhensible.

Enfin, M. le Président ne veut pas tarder à annoncer une excellente nouvelle à la Société : c'est que le legs Giffard est enfin sorti des limbes où il demeurait depuis trois ans et demi.

C'est grâce à M. Hervé-Mangon que nous sommes arrivés à ce résultat tant attendu. Il a bien voulu nous écrire aujourd'hui pour nous l'annoncer. Les décrets ont été signés le 7, ils ont paru le 11 au *Journal Officiel*, la Société des Ingénieurs civils va entrer en complète possession de cette généreuse donation. Le Comité pourra sans doute indiquer, avant la fin de l'année, de quelle manière il conviendra d'honorer la mémoire d'Henri Giffard.

L'ordre du jour appelle la lecture de la Note de M. G. Anthoni, sur l'ouvrage de M. Émile Cacheux, intitulé : l'*Économiste pratique*.

M. G. Anthoni donne comme il suit communication de l'analyse qu'il a faite de l'ouvrage de M. Émile Cacheux, intitulé : l'*Économiste pratique*.

L'amélioration du sort des classes laborieuses, tel est en quelques mots le but de l'ouvrage consciencieux et contenant un si grand nombre de documents intéressants, que M. Émile Cacheux a publié et dont il fait hommage à notre Société.

Dans l'introduction, l'auteur rappelle que, d'après une statistique récente de M. Bertillon, la misère fait périr tous les ans 90,000 Français, et cette masse de victimes ira toujours en augmentant par suite de l'élévation du prix des choses nécessaires à la vie, si on ne cherche pas, pour remédier au mal, des moyens plus efficaces que ceux qui étaient usités jusqu'à ce jour.

« Personne, messieurs, disait en 1872 notre ancien Président, M. Muller, n'est aussi bien placé que l'ingénieur pour être le trait d'union entre le capital et le travail et pour détruire l'antagonisme qui existe entre les diverses classes de la société. Il y a des années qu'une foule d'essais ont été tentés; il faudrait en connaître les résultats. Nous devons tous nous éclairer par le travail de chacun, sur toutes les matières de ce terrain brûlant. »

C'est justement ce travail que M. Cacheux a entrepris; il s'est proposé de réunir les documents épars qui se rapportent à cette question, qu'il

travaille depuis de longues années, d'en faire un recueil, et c'est l'ensemble très complet de ces documents qui forme l'*Économiste pratique*, ouvrage de plus de 800 pages, accompagné d'un atlas de 72 planches.

L'ouvrage est divisé en quatre parties :

La *première partie* est consacrée à l'étude des habitations ouvrières. Pour améliorer le sort du travailleur, il faut commencer par le loger convenablement. Grâce à M. Muller, qui s'est longuement occupé de ces questions, le problème qui consiste à rendre propriétaire, au bout d'un certain nombre d'années, le locataire qui s'acquitte régulièrement de son loyer, est aujourd'hui résolu théoriquement.

Pour résoudre la question pratiquement, M. Cacheux a fait des essais sur une centaine de maisons et sur 300,000 mètres de terrain bâtis et vendus suivant le système de vente usité à Mulhouse et combiné à celui qui est adopté par les « Buildings societies; » ce système consiste à avancer aux acquéreurs de terrains la somme nécessaire pour construire à leur guise en leur donnant la facilité de se libérer par annuités. M. Cacheux a aussi contribué à la formation de la Société des Habitations ouvrières de Passy-Auteuil, présidée par M. Dietz-Monnin, en lui cédant, à prix coûtant, le terrain des groupes de maisons sises impasse Boileau et les dix premières maisons construites suivant un type très économique créé par lui.

Dans cette première partie, l'auteur passe en revue les maisons à étages et les maisons isolées et étudie les divers essais qui ont été faits à Mulhouse, à Paris, en Angleterre et ailleurs, pour loger convenablement les travailleurs et pour rendre l'ouvrier propriétaire.

Une première série de pièces annexes comprend un grand nombre de documents relatifs à la formation de Sociétés d'habitations ouvrières et des modèles d'actes concernant les opérations immobilières.

Une deuxième série comprend les statuts de Sociétés de bienfaisance ayant pour but de loger à prix réduits les travailleurs.

Une troisième série comprend des documents concernant la législation des logements insalubres.

L'atlas comprend un grand nombre de plans d'habitations ouvrières, de maisons pour ouvriers célibataires, d'hôtels-restaurants pour ouvriers, d'habitations économiques parisiennes et quelques détails concernant les appareils de vidange et les égouts.

La *deuxième partie* de l'*Économiste pratique* a pour titre : Études des crèches, salles d'asile et établissements d'instruction.

Comme c'est principalement sur l'enfance que sévissent les causes de mortalité et de dégénérescence physique qui affligent les classes laborieuses, l'auteur étudie d'abord cette question, d'une importance si capitale, la population augmentant fort peu en France relativement à celle d'autres pays voisins. Puis il étudie en détail les crèches, les salles d'asile

ou écoles maternelles, en se servant des documents mis à sa disposition par MM. Marbeau et Turquet.

Dans la première série de pièces annexes, on trouve de nombreux documents relatifs aux crèches et dans la deuxième série, ceux concernant l'instruction des enfants et des adultes ainsi que les règlements sur l'organisation de l'apprentissage.

L'atlas de la deuxième partie donne les plans d'un grand nombre de crèches, de la nourricerie et du pouponnat créés par M. Godin à Guise et d'écoles communales, avec des détails établis d'après les instructions ministérielles.

La *troisième partie* s'occupe du développement du bien-être matériel et moral dans les classes laborieuses. On y passe successivement en revue l'alimentation économique de l'ouvrier, les bains, les lavoirs, les sociétés coopératives et les moyens pratiques à employer pour procurer aux travailleurs le plus possible des avantages d'une société civilisée. L'auteur rappelle d'abord les expériences faites sur la préparation des aliments, sur l'évaluation de leur richesse; il décrit les divers appareils de cuisson, les fourneaux et leurs différents modes de chauffage, les appareils à air libre ou à vases fermés, les cuisines économiques populaires et celles pour l'armée. Il insiste sur l'utilité des réchauffoirs, installés en Alsace, où l'ouvrier peut manger en famille les aliments apportés de chez lui; une grande salle garnie de tables, une plaque de fonte que l'on peut chauffer avec quelques charbons, suffisent pour empêcher le travailleur d'aller perdre au dehors son temps et son argent. Puis, après avoir passé en revue les bains et les lavoirs, l'auteur étudie successivement les sociétés coopératives d'alimentation, de crédit, d'achat, de production, de fabrication; les sociétés de secours mutuels, les caisses d'épargne, les caisses de retraite et enfin les sociétés s'occupant de l'instruction de l'adulte, les musées et les cercles populaires.

Des pièces annexes complètent de même cette troisième partie, qui constitue en quelque sorte le résumé des travaux faits jusqu'à ce jour, notamment par M. le capitaine Corbin sur la comparaison des divers appareils de cuisson; par M. Egrot sur la cuisson à vapeur; par M. E. Muller pour l'établissement des bains et lavoirs; par MM. Schulze-Delitsch et Luzzati pour l'organisation des sociétés coopératives; par MM. de Malarce, Fougerousse, Chaix, Robert, etc., pour développer le goût de l'épargne et le système de la participation aux bénéfices; par MM. Tourrasse, Groult, Jean Macé pour répandre l'instruction dans les masses, et par MM. Siegfried frères pour fonder les cercles populaires.

L'atlas de la troisième partie donne les plans de réchauffoirs, de restaurants économiques, de cuisines à vapeur, d'un fourneau pour maison particulière, de bains publics, de lavoirs, d'appareils à lessiver, de séchoirs et enfin de deux cercles pour ouvriers, le cercle Franklin au Havre et le cercle populaire mulhousien.

L'une des plus remarquables solutions du problème, qui consiste à assurer au travailleur non seulement une vie à l'abri du besoin, mais aussi des avantages qui, jusqu'ici, paraissaient réservés à la richesse, est due à M. Godin, grand industriel à Guise, qui loge ses ouvriers dans un vaste bâtiment, parfaitement aménagé, dans lequel il s'est réservé pour lui-même un appartement.

La *quatrième et dernière partie* de l'ouvrage considérable de M. Cacheux traite des moyens pratiques de venir en aide aux personnes qui tombent à la charge de la société. On y passe en revue les institutions protectrices de l'enfance, les orphelinats, le placement des adultes, les sociétés de bienfaisance et de secours aux indigents capables de travailler, les hôtels pour loger la nuit les malheureux sans abri ; le traitement des malades à domicile ; les hôpitaux et leurs divers services, les hospices spéciaux, les caisses de secours, les Sociétés d'assistance, etc. On y trouve enfin des pièces annexes comprenant des règlements d'orphelinats, d'hospices, de bureaux de bienfaisance, etc.

L'atlas donne les plans de plusieurs établissements de bienfaisance, d'hôpitaux, d'un asile de nuit pour deux cents personnes et d'un poste de secours pour les blessés.

Dès les premières pages de son travail, M. Cacheux expose l'avant-projet d'une Société dont le but serait de rechercher et de mettre en œuvre les moyens les plus efficaces pour améliorer le sort des classes laborieuses.

A Paris, plus que dans d'autres villes, on trouve des Sociétés fondées pour venir en aide à l'infortune ; malheureusement le public se contente de donner son argent et s'inquiète fort peu de la manière dont il est employé ; or, il est incontestable que si l'argent était bien dépensé, les résultats obtenus seraient beaucoup plus considérables.

Le programme de la Société projetée paraît très vaste à première vue ; mais comme il est déjà rempli en partie par beaucoup de Sociétés philanthropiques, il suffirait de les développer ou de les compléter ; M. Cacheux pense qu'ainsi ce programme serait facile à réaliser, vu le grand nombre d'hommes éminents qui se dévouent aux questions de ce genre.

En s'occupant, comme le propose M. Cacheux, des sources de travail à créer ou à développer, on rendrait service non seulement aux ouvriers, mais aussi aux ingénieurs, car leur nombre augmente tous les ans, ainsi que la difficulté de trouver des situations convenables; l'Association amicale de l'École centrale, de même que d'autres du même genre, cherchent à procurer à un grand nombre de nos jeunes camarades des positions en rapport avec leurs capacités. Avec le concours des anciens, dont le devoir est de tendre la main aux jeunes, en leur signalant les positions à occuper, on pourrait développer les sources de travail par les moyens suivants :

1° En exploitant les richesses naturelles du sol et en développant les

Sociétés agricoles de façon à encourager l'emploi des outils perfectionnés, des engrais, des bonnes semences, des irrigations et en envoyant dans les départements des professeurs d'agriculture pratique.

2° En développant les travaux publics par l'emploi d'une partie des bénéfices réalisés par des caisses d'épargne créées sur le modèle des caisses d'épargne libres d'Italie, d'Allemagne et des pays du Nord en général.

3° En donnant aux jeunes ingénieurs la direction de Sociétés coopératives ou de prévoyance, qui tombent en général faute d'une bonne administration, quand le nombre des membres devient considérable. L'association des ouvriers constitue une force puissante qui demande une direction intelligente et éclairée. En Angleterre, les Sociétés coopératives disposent de très forts capitaux et sont dirigées par des hommes éminents qui y trouvent des situations assez lucratives pour leur consacrer tout leur temps et toute leur intelligence.

En France, les ouvriers commencent à reconnaître la valeur d'un bon gérant; ainsi M. Godin, à Guise, a cédé son établissement à ses ouvriers, qui admettent très bien qu'il lui soit attribué, pour sa direction, une bonne part du bénéfice.

Les pièces annexes donnent tous les détails nécessaires pour permettre à un ingénieur d'organiser une Société de prévoyance ou de bienfaisance, et de construire, suivant les règlements et les ordonnances ministérielles, les bâtiments qui en dépendent.

4° En développant l'industrie en général, et notamment:

Les constructions à bon marché, la voirie économique, les logements hygiéniques, l'utilisation des eaux ménagères et des vidanges, les cuisines populaires, les bains et les lavoirs, le chauffage, les cercles populaires, etc.

Pour développer l'industrie, on pourrait aussi suivre l'exemple donné par la Société pour l'encouragement au travail des habitants de l'Erzgebirge et du Riesengebirge. Cette Société envoie des professeurs d'industrie et les entretient à ses frais dans les contrées où l'industrie n'a pas encore pénétré, jusqu'à ce que le résultat désiré soit obtenu.

On viendrait efficacement en aide aux travailleurs en subventionnant des industriels capables de créer une nouvelle industrie ou d'étendre une branche de leur fabrication.

Enfin on développerait l'industrie par des Sociétés se chargeant d'écouler les produits fabriqués et qui donneraient du travail aux jeunes gens sortant des écoles commerciales. Une Société de ce genre vient d'être fondée, et a pour président M. Dietz-Monnin.

Le but de l'auteur, en publiant l'*Économiste pratique*, a été de répandre, le plus possible, les documents concernant le bien-être des travailleurs, documents qui peuvent être de la plus grande utilité pour un grand nombre d'ingénieurs; il termine en disant qu'il recevra avec reconnaissance tous les documents qui lui permettront de compléter ou de rectifier son travail.

En répondant à l'appel de M. Émile Cacheux, soit par l'apport de documents nouveaux, soit en l'aidant dans la mesure de nos moyens, nous contribuerons à l'amélioration du sort des classes laborieuses, nous maintiendrons l'accord indispensable entre le capital et le travail, et nous contribuerons, par l'étude approfondie du vaste programme que je viens de résumer, à la solution progressive des questions sociales. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT. Quelqu'un a-t-il des observations à faire sur le résumé que vient de nous présenter M. Anthoni? S'il n'y a aucune observation, je le remercierai de son résumé intéressant, qui ne nous dispense pas de lire à fond le livre de M. Cacheux; les questions qui y sont traitées sont très importantes, et il faut féliciter ceux qui veulent bien donner des documents sérieux, de manière à permettre l'étude également sérieuse de ces questions. Peut-être, après avoir entendu l'exposé de ce vaste programme, pourrait-on dire que le titre de l'ouvrage de M. Cacheux, au lieu d'être: *l'Économiste pratique*, pourrait être, pendant un certain nombre d'années, *l'Économiste idéal*. Voilà la seule chose à objecter. L'idéal! nous ne pouvons pas toujours l'atteindre, on en reste le plus souvent bien loin; mais il faut toujours encourager ceux qui veulent donner un coup d'aile de ce côté-là.

L'ordre du jour appelle la note de M. Édouard Simon sur *la Convention internationale pour la protection de la propriété industrielle*. Il semble que nous soyons, aujourd'hui, à une séance de la Société d'économie politique; mais vous me pardonnerez, si vous êtes de mon avis, à savoir que les ingénieurs sont, par la force des choses, s'ils veulent embrasser leur carrière dans toute sa plénitude, obligés d'étudier ces questions; et nous avons réuni précisément la note de M. Anthoni sur l'ouvrage de M. Cacheux, celle de M. Édouard Simon sur *la Convention internationale pour la protection de la propriété industrielle*, et la communication de MM. Ch. Assi et L. Genès sur cette même convention internationale, pour que nous restions pendant cette séance dans cet ordre d'idées.

M. Simon a la parole.

M. ÉDOUARD SIMON. Dans la séance du 1er juin 1883, notre confrère, M. Émile Barrault, nous fit une intéressante communication sur les origines et la teneur de *la Convention internationale pour la protection de la propriété industrielle*[1]. Cette communication, reproduite *in extenso* dans le Bulletin de la Société[2], donne le texte ainsi que le commentaire des dix-neuf articles de la convention. Il n'est donc pas utile de revenir sur l'historique de l'œuvre préparée, d'abord, à titre officieux, à l'Exposition universelle de Vienne en 1873, reprise lors de l'Exposition universelle de Paris, en 1878, dans un congrès spécial dont les résolutions furent soumises aux gouvernements étrangers par les soins du gouvernement français

1. *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, année 1883, 1er vol., p. 757.
2. *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, année 1883, 2e vol., p. 197.

et devinrent l'objet de deux conférences diplomatiques, successivement tenues au ministère des affaires étrangères en novembre 1880 et en mars 1883. Nous nous bornerons à rappeler qu'après de longues et minutieuses délibérations, les délégués de la Belgique, du Brésil, de l'Espagne, de la France, du Guatemala, de l'Italie, des Pays-Bas, du Portugal, du Salvador, de la Serbie et de la Suisse signèrent le texte de la convention.

Cet instrument, contresigné plus tard par les chargés de pouvoirs de l'Angleterre, de la Tunisie, de l'Équateur, de la République Dominicaine, fut déposé au Sénat par le ministre des affaires étrangères, M. Challemel-Lacour, le 24 mai 1883, rapporté par M. de Parieu le 14 juin suivant, et adopté sans débats le 30 du même mois.

Rapportée à la Chambre des députés par M. Fourcand, le 12 novembre 1883, et également adoptée sans discussion le 19 janvier 1884, la convention fut promulguée le 25 janvier, et enfin ratifiée le 6 juin de la même année; elle est ainsi devenue exécutoire dans notre pays à dater du 6 juillet 1884, en vertu de l'article 18.

Depuis, *l'Union de la propriété industrielle*, dont le but est de « constituer une sorte d'assurance mutuelle contre le plagiat et la contrefaçon[1] », a été très vivement critiquée. Des chambres de commerce, des chambres syndicales, des organes spéciaux, préoccupés des fâcheuses conséquences économiques qui leur semblent devoir résulter de la mise en pratique de certaines dispositions insérées dans la convention internationale ont déjà présenté les réclamations de groupes importants de producteurs et demandé la revision, voire même la résiliation du contrat. Les articles 14 et 18 de la convention prévoient l'un et l'autre cas.

Aux termes de l'article 14, une première réunion des délégués des États contractants devait se tenir à Rome en 1885. D'autre part, les organisateurs de *l'Exposition des inventions brevetées*, ouverte à Londres au cours de la présente année, eussent souhaité que cette exhibition motivât le choix de la capitale anglaise pour rendez-vous de la conférence. Après avis des divers départements commerciaux et par suite de la promulgation récente de la convention, il fut décidé de remettre à l'année 1886 la revision des articles dont l'expérience aurait démontré les inconvénients.

La Société des Ingénieurs civils peut ainsi apporter, en temps utile, l'ensemble des observations qu'elle est à même de recueillir et le résultat de ses investigations. L'utilité d'une pareille enquête nous a déterminé à provoquer la discussion et à vous soumettre quelques remarques suggérées par la lecture de la convention.

1. Parmi les États adhérents à l'Union figurent les Pays-Bas et la Suisse qui, jusqu'à ce jour, n'accordent pas de brevets. Cette anomalie ne peut se perpétuer équitablement si l'on se reporte au libellé de l'article 2 ainsi conçu :

1. Paroles prononcées par M. Teisserenc de Bort, ministre du commerce, lors de l'ouverture du congrès de 1878, et rappelées par M. Barrault.

« Les sujets ou citoyens des États contractants jouiront dans tous » les autres États de l'Union, ***en ce qui concerne les brevets d'inven-*** » ***tion***, les dessins ou modèles industriels, les marques de fabrique ou de » commerce et le nom commercial, des avantages que les lois respectives » accordent annuellement ou accorderont par la suite aux nationaux. En » conséquence, ils auront la même protection que ceux-ci et le même » recours légal contre toute atteinte portée à leurs droits, sous réserve » de l'accomplissement des formalités et des conditions imposées aux » nationaux par la législation intérieure de chaque État. »

Le principe de réciprocité, inscrit dans cet article, ne doit pas entraîner seulement à un engagement moral, mais à une sanction effective. La délégation suisse l'avait si bien compris que, dans la deuxième séance de la conférence de 1880, M. Kern lut, au nom du Conseil fédéral, la déclaration suivante : « Il n'est pas douteux qu'il ne se soit produit en Suisse, » ces dernières années, dans l'opinion publique, un mouvement important » au sujet des brevets d'invention. Le Conseil national, nanti par l'ini- » tiative de l'un de ses membres d'une proposition relative à cette ques- » tion, a voté à l'*unanimité* la prise en considération de cette proposition, » en invitant le gouvernement fédéral à examiner s'il ne serait pas dans » l'intérêt de la protection industrielle d'introduire en Suisse le système » des brevets d'invention dans le domaine de l'industrie et du commerce, » l'invitant en même temps, au cas où cette question recevrait une réponse » affirmative, à présenter un projet de loi sur la matière. Le projet de » loi est déjà élaboré par le département du Conseil fédéral au ressort » duquel appartiennent les questions de cette nature. Ce projet de loi est » imprimé et accompagné d'un exposé de motifs, dans lequel le départe- » ment se prononce d'une manière très positive pour l'utilité et la néces- » sité d'une protection de cette partie de la propriété industrielle. Des » sociétés d'industrie, se faisant l'organe des intérêts de l'industrie et du » commerce suisses, se sont prononcées itérativement et d'une manière » catégorique dans le même sens. » Le projet de loi, auquel le délégué suisse faisait allusion, fut soumis, il est vrai, au vote populaire, en 1882, mais rejeté en bloc avec d'autres propositions. D'après la constitution fédérale, une nouvelle présentation pourrait avoir lieu en 1886.

Le délégué des Pays-Bas s'est borné à faire des réserves à l'égard des brevets. La Hollande, comme la Suisse, se trouvant dans une situation exceptionnelle, il eût été vraisemblablement préférable de conclure, à titre provisoire, des arrangements distincts avec ces États, qui consentent à protéger certaines branches de la propriété industrielle à l'exclusion des inventions.

Un contrat analogue interviendrait utilement avec les États-Unis, dont la législation générale sauvegarde les droits de l'inventeur, mais laisse, en matière de marques de fabrique ou de commerce, à chacun des États

de l'Union américaine, la faculté de légiférer dans une mesure déterminée [1].

2. M. Barrault avait eu soin de signaler l'addition de l'article 3, résultant des « difficultés soulevées sur la question de savoir si les dispositions de la convention devaient être uniquement applicables aux ressortissants des États contractants, ou bien étendues aux sujets des États qui ne font pas partie de l'Union [2] ».

Introduit sous forme d'amendement par le délégué de la Suède, dans l'une des dernières séances de la conférence de 1880, le texte laborieusement remanié de la proposition primitive est devenu ce qui suit : « Sont assimilés aux sujets ou citoyens des États contractants les sujets ou citoyens des États ne faisant pas partie de l'Union qui sont domiciliés ou ont des établissements industriels ou commerciaux sur le territoire de l'un des États de l'Union. »

Ce texte laisse supposer qu'il suffit à un étranger de posséder, dans l'un des pays de l'Union, un dépôt de marchandises ou un office de correspondance, pour jouir de tous les droits accordés aux citoyens dudit pays. Si telle devait être l'interprétation, l'article 3 ne serait pas de nature à gagner de nombreux adhérents à la convention et se trouverait en complet désaccord avec les observations de l'un des délégués français, M. Jagerschmidt, s'exprimant en ces termes : « Une convention ne stipule jamais que pour les États contractants... Quant aux étrangers, on n'a ni à leur accorder, ni à leur refuser le bénéfice de la convention; on ne s'en occupe pas : chaque État reste libre de leur appliquer sa législation particulière, sans être obligé envers eux en quoi que ce soit par la convention [3] ».

3. L'article 4 ne soulève pas d'objections; il justifie le principe de l'*Union*, basé sur la reconnaissance *internationale* de la propriété industrielle, ce droit (proclamé par le congrès de 1878, au nom du monde civilisé) des inventeurs et des auteurs industriels sur leurs œuvres, des fabricants sur leurs marques de fabrique, droit reconnu par la France, il y a près d'un siècle, et éloquemment soutenu par M. de Boufflers dans un rapport sur les brevets d'invention que l'Assemblée nationale approuva le 30 décembre 1790.

Il serait souhaitable, toutefois, que MM. les ingénieurs-conseils en matière d'inventions voulussent bien nous dire, d'après leur propre expérience, s'ils estiment suffisants les délais de priorité accordés pour le dépôt, dans les diverses contrées de l'Union, des brevets, dessins ou modèles industriels, marques de fabrique ou de commerce.

1. *Confér. internat. pour la protection de la propriété industrielle.* 1883, p. 51. Déclaration de M. J.-O. Putnam, délégué des Etats-Unis.
2. *Bulletin des Ingénieurs civils.* 1883. 2e vol., p. 201
3. *Conférence internationale,* 1880, p. 129.

4. Le premier paragraphe de l'article 5 est en contradiction avec la loi française de 1844 sur les brevets d'invention.

Il y est déclaré que « l'introduction par le breveté, dans le pays où le » brevet a été délivré, d'objets fabriqués dans l'un ou l'autre des États » de l'Union, n'entraînera pas la déchéance ».

Or, la loi du 5 juillet 1844, qui n'a été abrogée, ni modifiée, contient dans l'article 32 un cas de déchéance ainsi libellé :

« Sera déchu de tous ses droits.

. . . . . .

« 3° Le breveté qui aura introduit en France des objets fabriqués en » pays étranger et semblables à ceux qui sont garantis par son brevet.

» Sont exceptés des dispositions du précédent paragraphe les modèles » de machines dont le ministre de l'agriculture et du commerce pourra » autoriser l'introduction dans le cas prévu par l'article 29. »

Au point de vue juridique, l'insertion dans la convention internationale du premier paragraphe de l'article 5 annule-t-elle le cas de déchéance édicté par la loi de 1884 ? Telle n'était pas la pensée de M. Barrault, lorsque notre confrère, tout en approuvant la mesure projetée, nous disait : « Par une modification législative qui va être présentée aux Chambres, » la suppression de cette interdiction sera effectuée et la loi de 1844, » ainsi allégée, deviendra meilleure[1]. »

Cependant une circulaire ministérielle, émanée de la direction du commerce intérieur, ne met pas en doute la validité de la disposition conventionnelle : « L'article 5 — est-il écrit dans la circulaire — contient » une disposition sur laquelle il y a lieu d'insister en ce sens qu'elle con- » stitue une dérogation à la loi du 5 juillet 1844....

» Les titulaires de brevets français qui veulent introduire en France » des objets semblables à ceux qui sont garantis par leurs brevets et » fabriqués sur le territoire de l'un des États concordataires, n'ont plus, » en conséquence, de demande à adresser dans ce but au département du » commerce, et ils peuvent introduire ces objets librement. Mais ils res- » tent, comme par le passé, soumis aux dispositions de l'article 32 pré- » cité de la loi du 5 juillet 1844 en ce qui concerne les objets fabriqués » hors territoire d'un des pays de l'Union[2] . »

Malgré la source officielle de cet avis, l'importation d'objets brevetés en France et fabriqués à l'étranger, dans l'un des pays de l'Union, ne paraît pas exempte de danger pour le titulaire du brevet ; car, en présence des termes formels de la loi, la décision des tribunaux ne serait peut-être pas conforme à la circulaire administrative.

La question ne se borne pas à un point de droit, l'article 5 met en cause le régime économique du pays. Les partisans de cet article affir-

1. *Bulletin des Ingénieurs civils*, 1883, t. II, p. 205.
2. Minist. du Commerce, 20 août 1884. Circul. n° 123, p. 2.

ment que l'impossibilité, pour le breveté étranger, d'introduire des objets fabriqués hors de France, place notre industrie en état d'infériorité vis-à-vis des pays voisins et la prive de moyens de production perfectionnés, que le titulaire du brevet peut rarement s'imposer la charge d'un établissement en France et ne rencontre pas toujours un industriel apte à le représenter et à exploiter l'invention avantageusement.

Les adversaires objectent qu'à la faveur de la convention, la production française ne sera pas seulement amoindrie de la majeure partie des objets étrangers brevetés en France (la clause d'exploitation insérée dans la loi de 1844 devenant fatalement illusoire en tant que fabrication), mais que nombre d'inventions françaises seront exclusivement exploitées à l'étranger au détriment de nos manufactures et en raison de l'insuffisance des droits stipulés par les traités commerciaux.

Ces observations nous obligent à constater une fois de plus que le régime inauguré en 1860 est la négation de l'indépendance nationale et n'offre de la liberté que l'étiquette. Si la France était libre dans son allure économique, si elle était maîtresse de ses tarifs douaniers, les produits étrangers pourraient payer des taxes proportionnelles aux charges qui pèsent sur l'industrie française et les objections tomberaient d'elles-mêmes. Mais jusqu'en 1892, les traités de commerce nous contraignent à la plus grande circonspection.

Cette difficulté ne semble pas insoluble. Si le dernier paragraphe de l'article 32 de la loi de 1844 (cité plus haut) était largement interprété, il deviendrait possible d'introduire les objets brevetés en France et fabriqués hors de nos frontières, non pas d'une façon illimitée mais dans une mesure suffisante pour garantir à la fois les intérêts de l'industrie nationale et ceux des inventeurs étrangers.

5. A l'exception de l'article 11, qui sauvegarde d'une façon permanente les inventions brevetables, les dessins, modèles et marques des produits figurant aux expositions officiellement reconnues des pays contractants, les articles 6 et suivants sont surtout d'ordre administratif et ont pour but de régler le fonctionnement de l'Union. Cette dernière partie de la convention n'a point, croyons-nous, provoqué de critiques. Toutefois, nous voudrions pour conclure, exprimer un regret et un vœu.

D'après l'article 12, chacune des hautes parties contractantes s'engage à établir un service spécial de la propriété industrielle et un dépôt central pour la communication au public des brevets d'invention, des dessins ou modèles, des marques de fabrique ou de commerce. L'administration française n'a pas encore donné satisfaction à ce desideratum. La création du *Bulletin officiel*, où se trouvent juxtaposées les listes des brevets et les marques de fabrique, ne compense pas la suppression du catalogue des brevets, qui présentait le double avantage de ne point coûter cher et de faciliter les recherches. Le *Bulletin officiel* se termine annuellement par une table incomplète; l'insuffisance du nouvel organe nécessitera tôt ou

tard la réfection d'un catalogue d'autant plus onéreux à reconstituer que la lacune aura été plus longue.

Nous souhaitons enfin que la Confédération suisse qui, en raison de l'accord sympathique de tous les pays contractants, est devenue le centre de l'Union (art. 13) et qui, par l'organe de ses délégués, a promis à cette œuvre un concours aussi dévoué qu'à l'*Union internationale des Télégraphes* et à *l'Union universelle des Postes*, fournisse, à bref délai, une nouvelle preuve de son esprit d'équité en adoptant la loi projetée sur les brevets d'invention.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Simon de son intéressante communication, et donne la parole à M. Charles Assi sur le même sujet. M. Charles Assi va parler en son nom et en celui de M. Louis Genès.

M. CH. ASSI. Messieurs, comme vous le disait tout à l'heure M. le Président, notre séance se trouve transformée aujourd'hui en une séance semblable à celle d'une Société d'économie politique, on pourrait presque dire en une séance de législation. Je regrette que le sujet soit peut-être un peu aride, mais je tâcherai d'être court, et me référant, pour plus de détails, à notre note écrite que vous pourrez lire au Bulletin, je m'abstiendrai d'analyser la convention, qui vous est déjà connue par le résumé de M. Simon et par la communication précédente de M. Barrault; je rappellerai seulement en deux mots que, d'une façon générale, la convention a eu pour but de faire disparaître certaines difficultés pratiques que l'on éprouvait souvent à garantir d'un pays à l'autre soit une invention, soit un nom commercial, soit une marque ou un dessin de fabrique.

Cette observation faite je me bornerai à présenter quelques remarques sur certains articles, et spécialement sur ceux qui ont fait l'objet de critiques, fondées ou non.

Par la convention du 20 mars 1883, comme vous le savez, Messieurs, quinze États parmi lesquels se trouve la France, qui a été l'initiatrice du mouvement, ont constitué entre eux une union pour la protection des différentes branches de la propriété industrielle, et les ressortissants de chacun des pays contractants doivent jouir du traitement national dans tous les autres États de l'Union. Il en résulte — en nous plaçant au point de vue des intérêts français — que tout pays étranger concordataire qui, par exemple, donnera des brevets à ses nationaux, sera tenu d'en donner aussi aux inventeurs français; mais si, au contraire, ce pays étranger n'a pas de loi sur les brevets et n'en fait pas une, le Français ne pourra pas y faire protéger son invention, bien que la France protège les inventions émanant du pays en question; c'est ainsi que les citoyens de la Suisse, de la Hollande et de la Roumanie obtiendront des brevets en France, tandis que les Français ne pourront pas en obtenir dans ces pays, pas plus que les nationaux.

L'admission dans l'Union, de pays tels que ceux-là, qui actuellement ne nous accordent pas la réciprocité, en ce qui concerne spécialement

les brevets, a été un des motifs qui ont fait critiquer fortement la convention. On a dit : La France a fait un métier de dupe ; elle donne tout et ne reçoit rien. Il suffit d'un mot pour répondre à cette critique. La convention n'a rien innové sur ce point ; déjà, sous le régime de la loi de 1844, la France accordait des brevets aux étrangers sans condition de réciprocité. Ce n'est donc pas à la convention du 20 mars 1883 que la responsabilité en revient. Il convient d'ajouter que tous les pays qui ont une loi sur les brevets protègent aujourd'hui les inventions étrangères sans condition de réciprocité.

On a fait à la convention une autre objection, encore à propos des brevets. On a dit : avec l'article 2, la France va accorder des brevets sans examen préalable aux citoyens de certains pays étrangers adhérents à la convention dans lesquels les Français ne peuvent obtenir des brevets qu'après un examen préalable, qui est un moyen détourné de rejeter la demande. — Nous répondons : D'abord il en était déjà ainsi avant la convention ; ensuite l'examen préalable n'est pas une manière de refuser les brevets, mais un moyen de leur donner une plus grande autorité ; enfin, quoi qu'il en soit de la valeur de ce système, il suffit de répondre aux personnes qui critiquent la convention à ce point de vue, que, si la France juge avantageux d'établir l'examen préalable, rien ne lui sera plus facile, attendu que la convention a réservé à chaque pays le droit de conserver sa législation particulière ou de la modifier comme il lui conviendra.

Ainsi nous voyons déjà que deux des reproches que l'on adresse à la convention sont purement imaginaires.

Ses adversaires auraient pu, avec plus de raison, faire remarquer que, pour protéger les marques des étrangers, la loi en vigueur en France exigeait la réciprocité, tandis que la convention ne l'exige plus, imitant en cela ce qui existait déjà pour les brevets. Nous nous livrons par conséquent, pourrait-on dire, et l'on pourrait y voir un grand danger. Quoique je me propose surtout de faire ici des observations et non pas d'émettre des opinions, permettez-moi de vous dire que je vois un plus grand danger à ne pas faire respecter toutes les marques ; on peut admettre que les intérêts français soient favorisés par certains moyens, à l'encontre des intérêts étrangers, mais je ne sais pas s'il était bien sage d'autoriser en France la copie d'une marque, alors que nos lois punissent, en général, tout ce qui ressemble à une manœuvre frauduleuse.

Remarquez que, à moins d'un hasard bien rare, on ne copie pas une marque sans le vouloir, et que le commerçant qui fait une semblable imitation commet un véritable délit ; je ne vois pas d'inconvénient à ce qu'on fasse disparaître cette impunité accordée à un négociant français qui spéculerait sur l'imitation de la marque d'un étranger.

A propos de cette suppression de la condition de réciprocité pour la garantie des marques, permettez-moi de rappeler un précédent qui tendrait à prouver que ce n'est peut-être pas toujours le moyen le moins

pratique d'arriver à défendre ses propres intérêts, que d'être honnête sans condition, au risque de paraître un peu naïf.

En 1852, un décret a déclaré que la France protégerait les œuvres littéraires provenant de tous les pays étrangers et qu'elle n'exigeait aucune réciprocité ; nous ne vous demandons pas d'en faire autant pour nous, disait-on aux étrangers, mais, chez nous on ne copiera pas vos œuvres. Or, en ce temps-là, les œuvres littéraires n'étaient guère protégées nulle part; aujourd'hui elles le sont à peu près partout, et, dans le mois de septembre qui vient de s'écouler, on a pu travailler à la conclusion d'une convention analogue à celle qui existe pour la propriété industrielle. A en juger par cet exemple, renoncer, nous Français, à copier les marques des étrangers est peut-être le meilleur moyen d'obtenir la protection partout pour les nôtres. En fait, d'ailleurs, la plupart des pays ont une loi sur les marques, de laquelle nous profiterons. Pour les brevets, je le répète, la convention n'a rien innové au point de vue de la réciprocité. Par conséquent, je ne vois réellement pas que l'article 2 puisse être dangereux, soit pour notre industrie, soit pour notre commerce.

Par contre, la convention renferme des articles très utiles, notamment l'article 4, qui est un des principaux de la convention, car s'il est vrai que, avant sa conclusion, les étrangers jouissaient du traitement national dans la plupart des pays, du moins pour les brevets, il restait à surmonter des difficultés pratiques que l'on rencontrait pour garantir une invention d'un pays à l'autre ; difficultés d'un ordre matériel, qui résultaient soit d'incompatibilités entre différentes législations, soit de la force des choses. Or, l'article 4 permet à l'inventeur, après qu'il a fait un premier dépôt pour constater ses droits, dans un des pays de l'Union, de profiter d'un délai de six mois pour former ses demandes de brevets à l'étranger ; tout ce qui se passera pendant ces six mois ne nuira pas à ses brevets : s'il éprouve le besoin de faire des expériences publiques, de faire des publications, ou s'il a des difficultés budgétaires qui ne lui permettent pas de faire toutes ses demandes à la fois, il n'a pas à craindre que ses brevets soient entachés de nullité parce qu'un journal quelconque aura inséré une note sur son invention.

Les adversaires de la convention affectent de voir dans cet article une disposition très peu utile, attendu que, disent-ils, il était toujours facile de se faire breveter partout simultanément. Cette allégation dénote une expérience insuffisante du sujet, et je crois au contraire que, sur ce point, la convention est d'une utilité très grande.

Il y a encore, dans la convention, tout un groupe d'articles auxquels je ne vois pas d'inconvénients possibles. Du reste, même les adversaires de la convention ont été unanimes à reconnaître que ces articles ne pouvaient soulever aucune objection : ce sont ceux qui ont pour but de protéger d'une manière efficace soit les marques de fabrique, soit le nom commercial soit les noms de localités. Tel est, entre autres, l'article 6.

On éprouvait beaucoup de difficultés à faire enregistrer sa marque dans tous les pays, parce qu'ils n'avaient pas la même législation ; par exemple, si une marque consistait en chiffres, en lettres ou en caractères quelconques, certains pays ne voulaient pas l'admettre au dépôt. Ils disaient : Nous voulons bien garantir votre marque, mais à condition que vous la modifierez ; — et alors le commerçant n'avait qu'à renoncer au dépôt, car, une fois modifiée, la marque n'aurait plus été la sienne.

En dehors de l'article susmentionné qui permet à un commerçant de déposer sa carte telle quelle, il y a un article, l'article 8, qui protège le nom commercial d'une façon absolue ; cette fois, la réciprocité est rigoureuse, car tous les pays signataires ont accepté que le nom commercial serait protégé chez eux ; il devient une espèce de propriété de droit commun. Il suffit de prouver qu'on est propriétaire de tel nom et qu'on est commerçant pour pouvoir faire saisir à l'importation les marchandises sur lesquelles ce nom aurait été apposé.

Pour les noms de localités, on a fait quelque chose d'analogue, par l'article 10, et cela était désirable. La majorité des membres de la conférence a pensé cependant qu'il n'est pas possible d'interdire d'une façon absolue l'emploi d'un nom de localité, parce que certains noms de cette classe sont devenus de simples noms génériques désignant la nature du produit. Ainsi un fabricant envoie dans un autre pays une marchandise avec une étiquette portant : Eau de Cologne ; bien que Cologne soit le nom d'une localité, aujourd'hui cette dénomination ne fait pas penser que le produit vient de Cologne ; c'est un nom générique, qui désigne simplement le produit. C'est pourquoi on a exigé, pour qu'il y ait fraude certaine, l'union de deux conditions. L'emploi abusif d'un nom de localité ne tombe sous le coup de l'article 10 que si l'on y joint un nom personnel fictif ou emprunté frauduleusement. J'adresse, par exemple, dans un pays de l'Union, une marchandise portant le nom de Sedan ; si je mets seulement sur l'étiquette : *Sedan*, je ne peux pas être saisi à l'importation en vertu de l'article 10 ; mais, si je mets : *Jacques à Sedan*, et quoique Jacques n'existe pas à Sedan, comme cela donne à la marchandise l'apparence de porter une marque d'origine, je tombe alors sous le coup de cet article. Cette disposition a été acceptée par tous les pays. C'est encore une dérogation aux lois nationales. Sur ce point-là, comme sur quelques autres, la convention constitue un véritable code international, mais limité à quelques points et laissant les autres soumis aux lois de chaque pays. Les articles dont il vient d'être question sont, en somme, approuvés par tout le monde.

Un article, l'article 11, est une espèce de complément de celui qui accorde un délai pour la protection des inventions ; il concerne les marchandises envoyées à une exposition officielle avant que l'inventeur n'ait eu le temps même de faire le premier dépôt qui doit lui assurer le délai de six mois.

En France, depuis 1868, nous protégeons les inventions envoyées aux expositions. La même disposition a été mise obligatoirement dans la convention, avec cette réserve que les pays qui n'auraient, par exemple, pas de loi sur les brevets ne seraient pas tenus de donner une garantie provisoire aux objets exposés, parce qu'ils ne pourraient pas faire succéder à cette protection provisoire une protection définitive ; mais les autres pays sont obligés de donner la garantie provisoire, pendant un délai qui n'a pas été fixé. Sur cet article je me permettrai de faire une réflexion, c'est que la convention aurait pu et même aurait dû aller plus loin ; son titre de convention internationale l'exigeait. Il peut déjà être intéressant que les objets envoyés à une exposition jouissent d'une garantie dans le pays même, en attendant que l'inventeur ait pu remplir les formalités nécessaires pour obtenir son brevet. En France, quand nous avons fait, en 1868, une loi en ce sens, cela suffisait, car nous ne nous occupions alors que du pays lui-même, et notre loi n'avait rien d'international; mais, dans une convention internationale, je crois que l'article ainsi fait manque son but et est incomplet.

En effet, il s'applique au cas où les objets ont été envoyés à l'exposition, sans que l'inventeur ait eu le temps de prendre un brevet; s'il avait eu le temps d'en prendre un dans un seul pays de l'Union, il n'aurait pas besoin de cette article 11, étant protégé par l'article 4. On aurait donc dû dire que l'admission à l'exposition aurait les mêmes effets que le dépôt prescrit à l'article 4. Au lieu de cela, d'après l'article 11, l'inventeur ne sera protégé que dans le pays de l'exposition; comme une exposition attire beaucoup de visiteurs, les objets exposés éveilleront l'attention, on les voudra connaître partout dans les autres Etats de l'Union, et l'inventeur n'y jouissant d'aucun droit de priorité, son invention y tombera dans le domaine public. Sur ce point, peut-être, serait-il intéressant de reviser l'article. Et je suis heureux de constater que la même idée avait été présentée sous forme d'amendement, à la conférence, par M. Indelli, délégué de l'Italie. Mais l'auteur de l'amendement l'a retiré à propos d'une question de fixation de délais, sans que l'attention eût été appelée sur l'esprit général dans lequel il était rédigé.

Quoi qu'il en soit, cet article ne peut pas faire de mal; il assure du moins la protection dans le pays de l'exposition, mais, si on veut être garanti dans les autres pays, il importe qu'on soit prévenu qu'une demande de brevet est nécessaire.

Je passe sans insister sur certains articles, dont l'utilité n'est contestée par personne et dont la lècture suffit pour faire voir quel est leur but, et j'arrive à un article qui a fait l'objet de vives critiques et qui est, au fond, la seule raison pour laquelle on attaque la convention du 20 mars 1883 ; c'est l'article 5 qui permet d'introduire en France des objets brevetés dans ce pays. Aux termes de l'article 32 de la loi de 1844 (modifié en 1856), il y avait déchéance pour le breveté s'il introduisait en France un

seul exemplaire d'objets conformes à son brevet. La convention a supprimé cette prohibition ; on s'en est ému beaucoup : je crois que cela tient à ce que la portée de cet article a été exagérée parce qu'il a été mal interprété. Quant à moi, il me semble que l'article ne doit pas avoir pour conséquence de causer des importations très considérables. Je m'explique, Messieurs. On prétend qu'un inventeur, dorénavant et en s'appuyant sur l'article 5 de la convention, pourra s'adresser à l'industrie étrangère pour se procurer tous les produits faisant l'objet de son brevet et qu'il vendra en France, tandis qu'autrefois c'était défendu. L'article 5 dit : « L'introduction, par le breveté, dans le pays où le brevet a été « délivré, d'objets fabriqués dans l'un ou dans l'autre des États de l'U- « nion, n'entraînera pas la déchéance. »

C'est le premier paragraphe, mais je vous lirai le second tout à l'heure et vous verrez quelle importante restriction il y apporte. Mais je voudrais vous dire auparavant que, le droit d'introduction ne fût-il pas limité, il me semble qu'on n'accorderait encore à l'inventeur qu'un droit qu'il est injuste de lui contester, quoiqu'on l'ait fait jusqu'ici en France. Il est possible que l'importation de marchandises fabriquées à l'étranger soit nuisible à l'industrie française, au travail national; mais, Messieurs, la question n'est pas seulement de savoir si l'on peut regretter les importations d'objets brevetés, il faut se demander aussi si l'on a vaiment le droit de les interdire au breveté. Je suppose que la loi s'exprime ainsi:— Il est désirable de protéger le travail national, et, pour cela, il faut demander à l'industrie étrangère le moins de produits possible. En conséquence, la moitié des citoyens français aura le droit d'introduire des objets de l'étranger en France et l'autre moitié ne l'aura pas; tous ceux dont les noms commenceront par une lettre allant de A à G, par exemple, auront le droit d'introduction, et ceux dont les noms iront de H à Z ne l'auront point. Vous diriez immédiatement : Cette loi est absurde et inique, parce que les uns jouiront d'une liberté complète, et que les autres n'en jouiront pas; quand même le résultat à atteindre serait d'un intérêt général, il faudrait l'obtenir par d'autres moyens, tout au moins tirer au sort. Eh bien, de ce qu'une personne est inventeur, ce n'est pas une raison pour qu'on lui interdise d'introduire des produits étrangers en France, pas plus que parce qu'elle porterait un nom commençant par A ou par Z. En effet, l'introduction d'une machine brevetée ne fait pas plus de tort au travail national que l'introduction d'une machine qui n'est pas brevetée; une machine qui entre en France, brevetée ou non, ne privera toujours le travail national que de la construction d'une seule machine. Voici un encrier, je suppose qu'il à été importé de Belgique ; c'est un encrier de moins que l'on a eu a faire en France, mais qu'il soit breveté ou qu'il ne le soit pas, peu importe au point de vue qui nous occupe. Il n'y a donc pas de raison de défendre d'introduire l'un plutôt que l'autre, puisque le préjudice sera le même. Par conséquent, pour

justifier cette différence de traitement entre l'inventeur breveté et ceux qui ne sont pas inventeurs, il faudrait une autre raison ; il faudrait que le brevet plaçât l'inventeur dans une situation particulière, et que l'on pût dire alors que si, en effet, on lui impose une certaine obligation, ce n'est qu'à cause d'autres avantages qui lui sont faits. Mais, il n'en est rien. On essaye de donner un argument; on dit : Pardon! vous ne pouvez pas être placé sur le même pied que nous, parce que, comme votre invention est brevetée, nous ne pouvons pas, nous les tiers, faire concurrence à ces produits que vous faites fabriquer à l'étranger, tandis que nous pouvons faire concurrence à ceux qui ne sont pas brevetés.

Il y a là une erreur. On pourra faire concurrence au breveté avec des objets *analogues*. Je ne sais pas si je me fais bien comprendre, je crains beaucoup de ne pas être très clair; mais si je pouvais vous exposer bien clairement la question dans cette communication forcément écourtée, vous reconnaîtriez, Messieurs, que rien absolument ne justifie l'application d'un traitement différent à l'industriel qui est breveté et à celui qui ne l'est pas, au point de vue de l'importation des produits de leur commerce.

Je vais plus loin. Non seulement un marchand de machines à coudre, par exemple, peut demander ses machines à l'étranger, bien qu'il soit breveté, comme le fait son confrère non breveté, sans nuire plus que celui-ci à l'industrie nationale au point de vue de la quantité de main-d'œuvre qui lui est enlevée ; non seulement il est faux de dire que l'on ne peut pas faire concurrence à une machine brevetée, car on le peut sinon avec le même système, du moins avec les systèmes analogues tombés dans le domaine public et avec d'autres systèmes nouveaux et brevetés également; mais, bien plus, la concurrence étrangère serait moins à redouter, si on avait le droit d'introduire seulement des objets brevetés, et qu'on n'eût pas le droit d'introduire ceux qui ne le sont pas. En effet, quand un objet est breveté, l'inventeur peut tenir ses prix, personne ne pouvant lui faire concurrence avec le même objet ; or, s'il tient ses prix, on évite le plus grand danger de la concurrence étrangère, qui n'est redoutable que par le bas prix et non parce qu'elle donne des produits meilleurs ; l'inventeur aura fait fabriquer à meilleur marché, il mettra plus d'argent dans sa poche, voilà tout ; aucun constructeur étranger ne pouvant faire la même machine que lui, l'avilissement des prix n'est pas à craindre. En réalité, on aurait donc plutôt des raisons pour interdire d'introduire les objets qui ne sont pas brevetés que ceux qui sont brevetés. — Je ne m'arrêterai pas plus longtemps à discuter, au point de vue du droit, cette question, — purement hypothétique, — d'une faculté illimitée d'introduction laissée à l'inventeur, et, rentrant sur le terrain des faits, je vais rechercher dans quelle mesure la convention du 20 mars lui permet l'introduction.

L'émoi qu'il y a eu dans les chambres de commerce vient de ce qu'on

a cru qu'elle supprimait, pour l'inventeur, la nécessité de fabriquer en France. Je crois que c'est tout à fait inexact, et je suis d'accord avec la thèse soutenue dans un journal industriel par un avocat très compétent. Il y a, à l'article 5, en effet, un second paragraphe ainsi conçu :

« Toutefois, le breveté restera soumis à l'obligation d'exploiter son brevet conformément aux lois du pays où il introduit les objets brevetés. »

Il faut expliquer que la loi française contenait, entre autres, deux causes de déchéances : l'une était l'introduction ; l'autre était le défaut d'exploitation. A la conférence, on a agité la question de savoir s'il fallait supprimer cette seconde cause de déchéance, comme la première, mais on n'a pas pu se mettre d'accord sur ce point. On a donc ajouté le paragraphe 2 pour établir que la question était réservée, et que chaque pays conserverait, à cet égard, sa loi particulière. Il n'y a donc rien de changé en France, quant à l'obligation d'exploiter.

Or, la jurisprudence française a toujours été que, exploiter c'était construire et fabriquer en France même.

Donc, je crois que les tribunaux n'auront qu'à persévérer dans leur jurisprudence pour obliger le breveté à fabriquer en France sous peine de déchéance. Si le breveté, s'emparant du paragraphe 1^er^ de l'article 5, dit : Je peux introduire. — Oui, lui répondra le tribunal, mais cela ne doit pas constituer le principal moyen de remplir vos magasins. Le second paragraphe n'aurait pas de raison d'être s'il n'avait pas ce sens-là ; je crois, dès lors, qu'on a peut-être un peu trop peur, et je remarque que, parmi ceux qui ont donné à l'article 5 cette interprétation d'après laquelle on n'aurait plus besoin de fabriquer en France, personne n'a parlé du paragraphe second. S'il se trouve un adversaire de la convention qui puisse expliquer pourquoi ce second paragraphe a été introduit, si ce n'est dans ce sens-là, je serais heureux de l'entendre.

Remarquez, Messieurs, que les procès-verbaux de la conférence montrent bien qu'on n'a rien voulu changer à ce qui existait dans chaque pays au point de vue de l'exploitation, et que, par conséquent, la jurisprudence de nos tribunaux doit rester absolument ce qu'elle était. On n'aura plus besoin de demander la permission au ministre pour introduire, mais rien ne sera changé à part cela. Il y aura une appréciation de fait pour les tribunaux, qui diront : Voici un breveté qui a introduit 2 machines sur 100 qu'il a vendues, il n'a pas abusé du droit que lui confère l'article 5. Un autre, au contraire, sur 10,000 machines, en aura fait venir 9,000 de l'étranger ; celui-ci n'aura exploité en France que pour la forme, et on fera déchoir son brevet. Ce sont là des questions de fait, et les tribunaux, tous les jours, sont obligés d'apprécier des questions de ce genre.

Ah ! sans doute, lorsque la loi disait qu'un seul cas d'introduction était une cause de déchéance, c'était plus net et plus simple, mais il y avait des inconvénients, et on en a souvent constaté. Je suppose qu'un de vous,

établi à l'étranger, prenne un brevet en France ; la loi l'obligeant à exploiter, il y aurait quelque inconséquence à lui retirer les moyens de le faire : on doit tenir compte qu'il n'est pas facile d'installer à des centaines de lieues de distance une fabrication nouvelle. Or, avant la convention on n'avait le droit d'introduire un modèle que pour les machines, et, lorsqu'on demandait un permis au ministre, pour autre chose qu'une machine, on ne l'obtenait pas, même pour un seul modèle. L'article 5, en supprimant toutes ces entraves, semble devoir être le meilleur moyen de répandre les inventions étrangères en France ; il faut seulement que cela n'empêche pas de fabriquer chez nous l'objet de l'invention. Remarquez, qu'un pays, très souvent, s'enrichit au moyen d'inventions provenant de l'étranger. Autrefois, on introduisait subrepticement quelques modèles, pour tâter le terrain, et savoir quelle chance on avait de réussir ; pour provoquer une commande, on mettait une machine en essai dans une fabrique française. La chose se fera maintenant ouvertement. On a souvent cité l'exemple de M. Siemens, qui a quitté son pays, l'Allemagne, parce qu'il n'y trouvait pas une protection sérieuse (on disait aussi, en Allemagne, alors qu'il fallait être très dur pour les inventeurs, afin d'assurer la liberté du travail national), et cet inventeur de grand talent, qui désirait récolter ce qu'il aurait semé est allé en Angleterre, où il a fabriqué, bien qu'en Angleterre on soit libre d'exploiter son brevet simplement en introduisant de l'étranger, si on le trouve meilleur.

J'insiste sur ceci, que si l'inventeur est en présence d'une loi qui dit de fabriquer tout en France, et qu'il n'y trouve pas intérêt, il se résigne à la déchéance et introduit sans permission : on fait déchoir son brevet pour ce fait; maintenant, on ne le pourra plus. Mais l'Angleterre et tous les pays, à l'exception d'un seul, n'ont pas cru avoir besoin de cette arme. Y a-t-il chez nous une situation économique particulière qui ne nous permette pas de faire ce que font les autres nations? Je ne l'examinerai pas, mais je ne crois pas qu'il y ait grand danger à permettre l'introduction, surtout si cette faculté est balancée par l'obligation d'exploiter, car il y a la ressource de prononcer la déchéance, le jour où on abuserait de la faculté d'introduire.

Je dois ajouter, pour être complet sur cet article, que ses adversaires ont cru que, en le combinant avec l'article 3, qui assimile aux citoyens d'un État les étrangers qui y demeurent ou y ont un établissement, il permettrait d'introduire en France des objets brevetés fabriqués hors de l'Union. Cette crainte est sans fondement, car l'article 3 donne à l'étranger *le même droit* qu'au national; or, le national ne peut introduire lui-même que des pays qui sont adhérents à la convention. Quand on a dit que l'Allemagne et les États-Unis allaient introduire chez nous une grande quantité de produits brevetés et nous en inonder, on s'est trompé; ce ne sont pas des pays dont on puisse faire venir des marchandises, car ils n'ont pas adhéré à la convention, jusqu'à présent.

On a prétendu que la convention était ruineuse pour la France, et qu'aussi tous les États étrangers s'étaient empressés d'y adhérer. Cela n'est pas exact, car la moitié seulement des États représentés à la conférence ont adhéré; les États-Unis et beaucoup d'autres nations se sont abstenues.

En résumé, Messieurs, je crois que, dans cette convention, on ne peut considérer comme pouvant être dangereuse qu'une seule innovation, c'est celle apportée par l'article 5, qui permet d'introduire; mais, d'après notre jurisprudence, en France, je crois aussi que le mal aura peu d'étendue et ne sera pas sans contre-partie. Je crains de n'avoir pas été assez heureux pour me bien expliquer sur ce point, mais je persiste à croire qu'on n'a aucune raison, ni de droit, ni de fait, pour empêcher l'inventeur d'introduire de l'étranger en France, en le soumettant seulement à des droits protecteurs, comme les autres importateurs, si l'on juge nécessaire d'en établir. Et si l'on m'objecte qu'on ne le peut pas parce que nous ne sommes pas actuellement maîtres de nos tarifs, je réponds : De quel droit ferait-on payer la rançon par une classe de citoyens plutôt que par une autre ?

J'ai cru, Messieurs, que cette importante question de la convention internationale sur la propriété industrielle devait être portée devant vous.Il y a,en ce moment,une véritable campagne menée contre celle-ci, campagne dont le promoteur est un journal de droit qui a rallié à son opinion plusieurs chambres de commerce, J'ai là par exemple, le rapport adressé à la Chambre de commerce de Paris; on y déclare la convention mauvaise, et on demande la dénonciation. Je crains que le mouvement ne se continue dans le même sens. Si la Société des Ingénieurs civils devait étudier la question à fond, je voudrais qu'elle pût lire ce rapport présenté à la Chambre de commerce de Paris.

Il me paraît renfermer des erreurs très évidentes; on peut être partisan de tel ou tel système, sans doute, mais, ici, il y a des erreurs de fait incontestables et on ne peut douter qu'elles n'aient eu une grande influence sur le vote et sur le vœu qu'on a transmis au ministre.

Il importe de remarquer que la convention du 20 mars n'a pas été une affaire *bâclée*, ce n'est pas simplement l'œuvre de quelques diplomates; tout cela avait été travaillé depuis vingt ans, cela a fait l'objet de deux congrès, où il y avait beaucoup de gens expérimentés; tout le monde avait donné son avis : la Société des ingénieurs allemands, la Société des ingénieurs et architectes de Vienne, des sociétés d'ingénieurs anglais, etc., s'étaient prononcées dans le sens de la convention. Ainsi, pendant vingt ans, tous les hommes compétents réclament une certaine mesure, après quatre ans d'efforts, le gouvernement français, qui a pris la cause en main, décide quatorze autres États à s'entendre avec lui sur ce sujet; et puis voilà qu'aussitôt après, des chambres de commerce demandent la dénonciation de la convention et déclarent que ce travail, préparé pen-

dant vingt années de laborieuses études, n'a pas le sens commun! Il y a certainement quelqu'un qui a raison : ou ceux qui demandent de dénoncer la convention, ou ceux qui, plus éclairés, l'ont réclamée; il faut choisir entre l'opinion des uns et des autres, et si les premiers se trompent il est urgent de le dire.

Si cette question ne vous intéressait pas, je n'aurais pas traité ici un sujet aride, qui n'a rien d'attrayant par lui-même, mais cela touche profondément à l'industrie, et vous trouverez dans les mémoires envoyés par les sociétés d'ingénieurs de l'étranger aux congrès rappelés ci-dessus, des propositions dans le sens de la convention. Or, si cette convention doit être avantageuse, il ne faudrait pas que le ministre eût, en quelque sorte, la main forcée par les objurgations des chambres de commerce, car, après avoir déchiré lui-même l'œuvre de la France, il ne pourrait pas la refaire de sitôt.

En terminant, je remercie l'assistance de sa bienveillante attention; je n'ai pas la prétention d'avoir bien plaidé ma cause, mais, quant à moi, bien que je ne trouve pas la convention parfaite (j'ai eu moi-même occasion d'écrire au Bureau international pour demander des explications sur des articles insuffisamment clairs), je crois que le fond en est bon; il convient donc de se faire une opinion pour enrayer le mouvement d'opposition, si réellement il provient d'un jugement mal éclairé.

M. le Président remercie M. Assi de sa communication ; la question est un peu délicate, très intéressante et très importante. Quelque membre de la Société a-t-il des observations à présenter?

M. Simon demande la parole à propos d'un passage de la communication de M. Assi sur les marques de fabrique. Il a dit, que, lorsque sur les objets fabriqués le nom d'une ville figurait seul, on ne pouvait pas poursuivre en contrefaçon. M. Assi n'a-t-il pas été un peu loin, et la loi française n'autoriserait-elle pas la chambre de commerce de Sedan, par exemple, à poursuivre les étrangers qui mettraient sur leur étoffe : Drap de Sedan. M. Simon croit que cela suffirait pour qu'on pût saisir la marchandise comme marchandise contrefaite.

M. Assi. Cela a été jugé en sens contraire.

M. Albert Cahen. Il y a un arrêt de la Cour de cassation qui donne appui à l'observation de M. Simon,

M. Simon. Il n'est pas possible de dire que l'on peut vendre une marchandise portant un nom de ville dont cette marchandise n'est pas originaire, et qu'il est interdit de poursuivre en contrefaçon.

M. Assi. Je parlais d'après la convention. D'après la convention, quand vous ne faites qu'employer le nom de la localité, on ne peut pas vous saisir. Vous échappez à l'article 10.

M. Simon. Je crois qu'il est bon de ne pas soutenir cette opinion, parce qu'il y a là un fait de contrefaçon, et on n'a pas pu l'autoriser.

M. Assi. Le terme de la convention est formel. *(Lisez-le !)*

Je vais le lire.

« Art. 10. — Les dispositions de l'article précédent (saisie à l'importation) seront applicables à tout produit portant faussement, comme » indication de provenance, le nom d'une localité déterminée, lorsque » cette indication sera jointe à un nom commercial fictif ou emprunté » dans une intention frauduleuse.

» Est réputée partie intéressée... etc. »

Du reste, M. Barrault avait déjà signalé ce fait dans une communication précédente.

M. Simon. Le fait a été jugé. Précisément les chambres de commerce ont été, croyons-nous, autorisées à poursuivre en leur nom collectif, lorsqu'il n'y a pas un nom d'individu.

M. Albert Cahen. C'est jugé.

M. Armengaud. Tout récemment la chambre de commerce de Lyon, d'accord avec la chambre syndicale des fabricants de soie, a décidé de faire apposer une marque générique sur tous les articles de la fabrication lyonnaise : les armes de la ville de Lyon, par exemple ou un symbole unique de façon à permettre aux fabricants lyonnais de se défendre contre la concurrence étrangère.

M. Genès. Ce n'est pas le mot *Lyon*. — *(Mouvement et bruit)*.

M. le Président. Messieurs, nous n'avons pas encore agité la sonnette cette année. (Rires.)

Cette question est très délicate, et les jurisconsultes ne sont pas d'accord sur les mêmes faits. Quand on étudie Dalloz, on voit qu'il y a dix jugements contraires pour les mêmes faits. Pendant quatre ans, on juge d'une certaine façon, et, les quatre années suivantes, il y a un avocat distingué qui a changé l'opinion régnante, et on juge d'une autre manière, de sorte qu'il faut toujours avoir l'équité pour soi. Quand on s'amuse à mettre le nom d'une ville étrangère sur sa marchandise, on vole la ville tout entière au lieu de ne voler qu'un individu : le vol est plus considérable, voilà tout.

M. Casalonga. Je demande la parole. Je commencerai par éliminer tout ce qui est relatif aux marques de fabrique et de commerce, au nom commercial, et au nom de localité ; ces matières sont ici encore plus étrangères que celles relatives aux brevets d'invention, et d'ailleurs ce n'est pas là que réside le point le plus important du débat ; je m'appesantirai seulement sur l'article 5, qui est le grand cheval de bataille de la discussion qui a lieu ce soir ici et des autres discussions qui ont déjà eu lieu ailleurs.

Tout à l'heure, en entendant M. Assi, il me semblait remarquer qu'il faisait une certaine confusion au sujet de la faculté d'introduire en France des objets brevetés et fabriqués à l'étranger.

Je crois qu'il ne remarquait pas suffisamment qu'il s'agissait ici de brevets pris par des étrangers, et que le législateur de 1844 avait, à tort ou à raison, cru devoir défendre l'industrie nationale contre la fabrication étrangère. Voilà le point de départ; c'est pour cela qu'on n'avait jamais admis l'introduction d'objets fabriqués à l'étranger, et c'est pourquoi il y a eu un *tolle* général qui a trouvé un écho dans les chambres de commerce même.

Quant à savoir si l'on juge bien aujourd'hui ce point, c'est une autre question ; je crois qu'il y a un peu d'exagération et que, autant que j'ai pu le retenir, l'opinion de M. Simon s'en ressent ; il ne faut pas considérer comme un mal très grave la permission accordée aux brevetés étrangers d'introduire leurs machines en France. Ce n'est pas qu'il faille croire qu'il existe encore quelque chose de la barrière élevée par l'article de la loi de 1844; et MM. Simon et Assi me paraissent avoir oublié que, pendant plus de deux ans, les étrangers ont la faculté pleine et entière d'introduire ; conséquemment s'il devait en résulter un dommage, ce dommage pourrait être très grand : il ne faut pas se le dissimuler, pendant les vingt-huit ou vingt neuf premiers mois, les étrangers peuvent introduire très largement, sans aucune entrave et sans que même la rigueur des tribunaux puisse s'exercer. Ce n'est qu'après ce délai que l'exploitation devient obligatoire en France, et que les tribunaux pourraient mettre un frein à l'abus de l'introduction des produits étrangers: mais qui sait ce qu'ils décideraient et comment ils distingueraient entre l'exploitation à exiger de l'étranger et celle à exiger du régnicole breveté ?

Ce doute est permis, alors qu'on pourrait presque se demander si vraiment un magistrat français ne ferait pas de l'introduction un cas de déchéance ; car la loi de 1844, malgré la convention, qui n'a fait que passer sans discussion devant les Chambres, n'a été ni abrogée, ni modifiée.

M. Assi. Pardon, la convention a été soumise aux Chambres et promulguée à l'*Officiel*.

M. Casalonga. Eh bien, j'admets que, sur ce point, les tribunaux pourront se montrer sévères ; mais la barrière n'en doit pas moins être considérée résolument comme tout à fait abaissée pendant plus que les deux premières années, et c'est suffisant pour causer du dommage à l'industrie française.

Seulement, je le repète, je ne crois pas que l'inconvénient soit aussi grave qu'on paraît le redouter; car si d'une part il peut résulter de l'introduction un certain dommage pour l'industrie nationale, d'autre part, il y a, surtout pour les consommateurs, une compensation ; en effet, quand on introduit une machine construite à l'étranger, cette machine, qui travaille dans le pays, produit des résultats qui donnent une large compensation. Donc, il ne faut pas considérer comme un grand malheur

que les étrangers amènent des machines qui, étant généralement perfectionnées, nous donneront des produits meilleurs et à meilleur marché, et nous apprendront à faire aussi bien, si ce n'est mieux.

Ce qui rend cette question délicate, c'est que l'on y trouve toujours en opposition ces deux intérêts contraires, auxquels faisait allusion M. Simon, en rappelant les traités de 1860; il s'agit de la lutte qui existe entre les libres-échangistes et les protectionnistes; les premiers sont consommateurs, les seconds sont producteurs; on conçoit qu'ils ne puissent pas être traités par une méthode unique.

Je crois cependant qu'on pourrait peut-être satisfaire les deux intérêts opposés, en décidant que toutes les machines qui, étant brevetées en France, y viendraient de l'étranger, seraient frappées à l'entrée d'un double droit; moyennant lequel l'introduction serait permise. Je pense que ce serait une manière équitable de trancher la question en donnant satisfaction à une minorité importante, qui a créé un courant d'opinion très accentué et, en apportant cet amendement à l'article en question, je ne m'effrayerais pas qu'il fût maintenu.

Je ne sais pas quelle est sur ce point l'opinion de M. Simon, mais je ne serais pas d'avis qu'on se prévalût de l'article 5 considéré pour dénoncer la convention. Si cela arrivait, les États étrangers prendraient probablement la même mesure à notre égard et ne permettraient pas aux machines françaises brevetées de pénétrer en Italie, s'il s'agit des Italiens, ou en Espagne, s'il s'agit des Espagnols. Je crois que ce serait un mauvais conseil à donner aux Chambres, au ministre, que de leur demander de dénoncer la convention à cause de l'article 5.

En somme, cette convention, qui est susceptible de perfectionnement, a peu changé, pour ce qui est des brevets d'invention, l'état de choses existant, ses seuls points saillants sont: que l'introduction des objets brevetés provenant des États contractants sera permise, et que six mois de privilège seront accordés aux inventeurs de ces États. C'est déjà quelque chose, et c'est une base qui peut permettre de faire quelque chose de mieux plus tard, si nous avons la bonne fortune d'amener nos collègues à se passionner un peu pour ces questions, qui leur sont restées jusqu'ici un peu étrangères. *(Très bien! — Applaudissements.)*

M. Mardelet. M. Casalonga vient d'expliquer comment l'article 5 n'a pas d'inconvénient, au point de vue de l'introduction des objets brevetés. Notre collègue M. Simon paraît avoir visé spécialement les pays qui n'ont pas adhéré à la convention internationale ou bien qui n'ont pas de lois pour la protection de la propriété industrielle; il paraît s'attacher surtout à l'Allemagne, à l'Autriche, à la Suisse et à la Hollande, et interprétant l'article 5, il dit : « Il suffira aux étrangers qui n'ont pas adhéré à la convention d'avoir un petit établissement industriel, ou même une agence commerciale en Suisse, pays qui n'accorde pas de garantie pour les inventions, pour qu'ils puissent introduire en France, par la Suisse,

les produits allemands, de telle sorte que les fabricants français qui exploitent des industries analogues ne seront pas fondés à considérer le brevet français comme déchu, et ne pourront pas, par conséquent, fabriquer dans notre pays ces produits brevetés, pendant que notre marché continuera à être inondé de produits de provenance étrangère. Je crois que M. Simon n'a pas bien compris le sens précis de l'article 5 dont le premier paragraphe est ainsi conçu : « L'introduction par le breveté, » dans le pays où le brevet a été délivré, d'objets fabriqués dans l'un ou » l'autre des États de l'Union n'entraînera pas la déchéance. »

On ne peut donc, d'après cela, introduire en France, que des produits fabriqués dans un pays de l'Union ; on n'aurait pas le droit d'introduire en France des articles fabriqués en Allemagne, en les faisant passer le canal d'un pays adhérent, de la Suisse par exemple ; la convention n'autorise donc pas absolument l'introduction des produits non fabriqués en France. Je tenais à insister sur ce point.

Il y a un autre point important à signaler : c'est l'avantage que présente l'article 4 de la convention, en vertu duquel le breveté français a un droit de priorité absolument établi dans tous les pays adhérents, pendant un certain délai : six mois, pour les brevets d'invention. Anciennement, lorqu'un inventeur français avait payé à grand'peine les frais de son brevet, il était obligé, pour s'assurer de la propriété de son invention dans les autres pays, de faire de grosses dépenses auxquelles il ne pouvait pas toujours suffire ; tandis que maintenant, il a six mois devant lui. L'introduction possible de produits et de machines des pays étrangers en France et le droit de priorité sont deux avantages importants de la convention internationale et qui ne peuvent qu'être appréciés par les ingénieurs.

M. Simon. Un mot seulement. Je suis très heureux de toutes les observations qui m'ont été faites et qui prouvent la nécessité de cette discussion. Pour répondre aux questions de M. Casalonga, j'ajoute que je suis partisan de la convention, en principe, mais je crois qu'il convient de la reviser ; la loi de 1844 coexiste avec cette convention et il y a un certain danger à ne pas mettre la loi de 1844 d'accord avec la convention internationale. En ce qui concerne l'introduction, je pense que l'article 5 ne limite pas suffisamment cette introduction, qu'elle est nécessaire pour l'industrie française mais non d'une façon illimitée, aussi longtemps que nous aurons des traités de commerce. Enfin, il est un point que j'aurais voulu voir traiter par notre collègue. D'après la convention, les brevetés français ont le droit de faire fabriquer à l'étranger et d'introduire en France ces produits fabriqués à l'étranger...

M. Mardelet. La convention dit : « dans un pays de l'Union. »

M. Simon. Vous voyez qu'il y a nécessité à limiter l'article 5, car il n'est pas possible que certains de nos nationaux échappent aux charges qui pèsent sur les autres. Un industriel français, parce qu'il a une inven-

tion brevetée, peut faire fabriquer à l'étranger, où la main-d'œuvre est à meilleur marché et introduire en France des produits qui échappent à la main-d'œuvre française.

M. Casalonga. La question que soulève M. Simon mérite d'être considérée, et je crois qu'il ne faut pas la résoudre à la légère ; il s'agit, en en effet, de savoir si la convention doit assimiler, en France, l'inventeur national à l'inventeur étranger : il y faut beaucoup réfléchir. Nous sommes, du reste, sur un terrain sur lequel je ne pense pas que nous ayons à nous placer ce soir. Tout à l'heure, on me faisait le reproche de n'avoir pas discuté certains points ou répondu à certaines critiques. Il y aurait beaucoup à dire, et le temps nous fait défaut ; il y a cependant une question importante, à laquelle je regrette que l'on n'ait pu s'arrêter : c'est celle de l'examen préalable. J'espère bien que, pour mon pays, jamais on n'adoptera ce système détestable. Je vous demande pardon de l'expression, mais elle rend bien ma pensée.

M. le Président. Je demande la permission de clore la discussion ; car nous avons encore une question importante à traiter.

M. Albert Cahen n'ajoutera qu'un mot à la discussion qui vient d'avoir lieu, l'heure avancée ne permettant pas d'entrer dans les développements que comporterait une question aussi grave.

L'article 32, paragraphe 3, dont la convention industrielle internationale a prononcé la révocation, était un véritable leurre, une disposition purement théorique, inapplicable dans la pratique.

En effet, cet article dit :

« Sera déchu de tous ses droits, *le breveté* qui aura introduit en France » des objets fabriqués en pays étranger et semblables à ceux qui sont » garantis par son brevet. »

La déchéance prévue par cet article n'était donc encourue que lorsque le fait d'introduction était personnel au breveté lui-même, et quand des tiers venaient invoquer cette déchéance devant les tribunaux, soit par voie d'action principale, soit comme moyen d'exception dans une action en contrefaçon, c'était à eux à faire la preuve de cette introduction personnelle, du fait du breveté, Or, il faut bien le reconnaître, cette preuve est impossible à faire.

D'autre part, le *breveté* étranger qui voulait tourner cette disposition illusoire de la loi, n'avait que l'embarras du choix parmi les moyens à employer. Il livrait ses produits à un tiers, dans son pays ; et c'était ce tiers qui, en seconde main, introduisait, sensément à ses risques et périls à lui, les objets en France. Et la farce était jouée !

Faut-il se plaindre que la convention ait fait disparaître de telles dispositions surannées et inapplicables dans la pratique, l'orateur ne le pense pas, et cette seule raison de l'impossibilité d'appliquer un tel article de la loi devrait suffire à justifier sa suppression.

M. Assi. M. Casalonga disait tout à l'heure qu'on aura au moins deux années pour introduire librement; mais il se passe toujours un certain temps avant que la fabrication ne commence ; donc, dans les deux premières années, on introduira peu.

M. le Président. Je crois que nous devons arrêter là la discussion, mais elle n'est pas complète ; c'est une question très délicate qu'il faut approfondir, et je ne doute pas que nous n'ayons une nouvelle séance pour traiter un jour cette importante question.

M. Armengaud. Il y a un projet de loi, pour réformer la loi de 1844, qui a été déposé à l'ancienne Chambre, et tendant en particulier à prolonger la durée du brevet de quinze à vingt ans. Il faudra en profiter pour mettre la nouvelle loi en harmonie avec la convention internationale et pour qu'on ne retire pas d'un côté ce qu'on ajoute de l'autre.

M. Assi. Il y aurait intérêt à reprendre bientôt la discussion pour décider si la convention doit être maintenue ou abandonnée, car en Allemagne, il se produit un grand mouvement en faveur de l'adhésion et les chambres de commerce d'Allemagne la proposent. En Espagne, on s'est ému des critiques que la convention a soulevées chez nous, et voilà un certain nombre d'Espagnols qui demandent que leur pays se retire de l'Union.

M. le Président. Nous donnons rendez-vous, à une séance ultérieure, à tous les membres que la question intéresse, et nous fermons la discussion.

M. le Président. Messieurs, nous arrivons à la quatrième partie de l'ordre du jour. Je vous demande donc de vous transformer, par un vote spontané, en Assemblée générale extraordinaire, si personne n'y fait opposition.

Nous sommes donc constitués en Assemblée générale extraordinaire, et nous pouvons examiner la question qui vous est soumise.

Vous savez que nous avons reçu, au mois de janvier dernier, de la part de madame Fusco, sœur de notre regretté collègue, M. Geyler, une munificence considérable, puisqu'elle nous instituait ses légataires universels, concurremment avec nos amis de l'Association amicale des anciens Élèves de l'École centrale. Le premier testament de madame Fusco, qui avait été fait sous l'influence de son frère et sous l'influence de l'ami intime de celui-ci, M. Huet, ce premier testament nous était très favorable; il n'y avait pas de disposition qui pût nous embarrasser et nous inquiéter un peu et la décision à prendre aurait été très simple. Mais il y a eu trois ou quatre testaments, il y a eu des codicilles qui sont venus modifier les premières dispositions, de sorte que nous nous sommes trouvés dans une situation un peu délicate ; c'est pourquoi nous sommes arrivés du mois de janvier au mois d'octobre sans vous avoir encore consultés.

Dès le premier moment, en voyant ces difficultés apparaître, nous avons dû nous munir de conseils pour sauvegarder les intérêts de la Société. Nous avons demandé au Président du Tribunal civil de nommer un administrateur judiciaire, et nous avons constitué notaire et avoué. Le notaire désigné a été celui de madame Fusco, et, pour avoué, nous avons choisi un des plus estimés de Paris.

Nous avons dû d'abord nous préoccuper du paiement des droits. Nous étions très embarrassés ; si nous avions dépassé les six mois fixés par la loi, l'État serait venu et aurait dit : Tant pis pour vous, vous payerez les doubles droits ; — et, comme ils sont considérables, nous aurions une fort mauvaise affaire. Comme il y a des legs particuliers, — comme madame Fusco a laissé notamment à sa cousine, madame Regnier, un legs de 30,000 francs, — nous avons prié le Président du Tribunal de vouloir bien examiner la question, et il a décidé que nous n'avions qu'à payer les droits pour la totalité, mais au nom de madame Regnier, héritière du sang. C'est ce qui a été fait en temps voulu. Puisque nous ne sommes pas parents de la testatrice, nous aurons à payer plus tard une certaine différence ; mais tant que nous ne serons pas en possession du legs universel, l'État n'a rien à nous demander ; nous ne pouvons pas être poursuivis et forcés de payer double droit.

Mais, au cours de ces incidents et au cours des inventaires, qui sont toujours très longs, il est survenu certaines difficultés. Une des personnes ayant obtenu un souvenir de madame Fusco, a demandé que les legs en sa faveur qui se trouvaient répétés inégalement dans deux testaments distincts vinssent se cumuler. De là, un premier procès. L'inventaire n'ayant pas été, je ne sais pourquoi, accepté par le quatrième exécuteur testamentaire, qui a refusé de le signer, nous n'avons pu donner à madame Regnier le mobilier qui lui a été légué et nous avons été forcé de laisser courir le bail de l'appartement occupé par madame Fusco ; madame Regnier, voyant que nous ne pouvions pas lui livrer le mobilier, nous a fait un second procès. Tout ceci vous explique pourquoi nous n'avons pu vous rendre plus tôt compte de cette affaire.

Enfin, après mûre réflexion et un examen aussi attentif que possible, le Bureau et le Comité se sont arrêtés à la décision que je viens vous soumettre.

D'après nos conseils, l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale et la Société des Ingénieurs civils, légataires universels de madame Fusco, la première pour les deux tiers et la seconde pour le tiers restant, ne courent absolument aucun risque à accepter, dès à présent, le testament, très généreux à notre égard, de madame Fusco, mais seulement sous bénéfice d'inventaire ; cette acceptation nous permettra de faire toutes les démarches indispensables auprès du Ministre du Commerce et du Conseil d'État.

Enfin, lorsque nous aurons reçu les autorisations nécessaires pour pou-

voir être mis en possession, la question est tellement délicate, à certains points de vue, que nous serons certainement obligés de venir devant le Président du Tribunal civil, pour le prier de nous guider et de nous dire de quelle manière nous pourrons et nous devrons remplir les obligations qui nous sont imposées par le testament de madame Fusco. Ces obligations sont telles qu'on peut affirmer que la généreuse donatrice et son frère ont plutôt pensé à nos fils qu'à nous-mêmes. Comme la Société est établie sur des bases solides, cela n'a pas d'inconvénient. Il faut que, sur les capitaux qui nous reviendront, nous prélevions une somme de 100,000 francs, et que cette somme soit placée à intérêts composés, de manière à produire une seconde somme de 100,000 francs. Quand cette seconde somme aura vu le jour, nous aurons le droit de la verser dans notre caisse, et alors, nous devrons reprendre les premiers 100,000 francs et les replacer de nouveau.

Vous vous rappelez, d'après vos études d'algèbre, que si on place un centime à intérêts composés, au début de l'ère chrétienne, cela finit par faire une somme qui ne peut pas se lire, tellement il y a de chiffres accumulés. Il est clair que, dans cinq cents ans, nous aurons une fortune considérable, mais nous n'en sommes pas encore là.

S'il est prouvé néanmoins que nous pouvons réaliser ces 100,000 francs et les placer à intérêts composés, nous n'avons qu'à obéir aux conditions du testament de madame Fusco, quand même nous serions gênés pendant quelque temps pour supporter les charges momentanées que sa volonté nous a imposées.

J'ai dit qu'il a été décidé que nous accepterions sous bénéfice d'inventaire : c'est à cause de la nature des valeurs constituant la majeure partie de la fortune de madame Fusco ; si cette fortune avait consisté en immeubles dans Paris ou en rentes sur l'État, nous accepterions immédiatement, et d'une manière ferme ; mais, malheureusement pour nous, la fortune de madame Fusco est en valeurs industrielles, et nos statuts nous disent que nous n'avons pas le droit d'avoir dans les mains des valeurs industrielles. Ce sont des questions à soumettre au Conseil d'État. Comme c'est un don fait d'une manière spéciale à la Société, il est possible que le Conseil d'État nous accorde de conserver ces valeurs industrielles; il est possible aussi qu'il nous dise : Il faut les transformer en valeurs fermes : il peut avoir ses raisons pour cela. Vous savez qu'on ne peut jamais répondre de valeurs industrielles ; il peut arriver qu'une entreprise croule, sans faute aucune, et les revenus sur lesquels nous comptons pour satisfaire aux conditions imposées par madame Fusco, pourraient nous manquer. Elle impose la fondation d'un prix de 5,000 francs, elle impose une bourse à créer et à entretenir à l'École centrale, il y a plusieurs dispositions qui nous obligent. Vous vous expliquerez facilement qu'en raison des valeurs industrielles dont j'ai parlé, nous soyons forcés d'accepter cet héritage sous bénéfice d'inventaire. Jusqu'à ce que le Conseil d'État

ait tranché la question au mieux des intérêts de la Société, nous ne courons aucun danger.

M. Geyler a eu les intentions les plus généreuses pour la Société, madame Fusco les a suivies ; M. Huet, notre collègue, y a participé de son mieux. Un refus ne se comprendrait donc pas. Mais la prudence nous est commandée, et personne ne peut nous la reprocher.

Je propose deux choses distinctes à l'Assemblée :

1° D'abord de remercier très vivement M. Huet de ce qu'il a fait auprès de madame Fusco, pour que la succession de son frère soit laissée à la Société des Ingénieurs civils et à l'Association amicale, comme il en avait manifesté l'intention, et ensuite de nous associer dans un profond sentiment de reconnaissance envers madame Fusco, qui, en somme, se trouve notre bienfaitrice directe.

2° Je demande à l'Assemblée générale extraordinaire qui siège en ce moment, d'approuver les démarches faites par le Comité et d'accepter la donation faite à la Société par madame Fusco, sous bénéfice d'inventaire.

LES DEUX PROPOSITIONS DE M. LE PRÉSIDENT SONT MISES SÉPARÉMENT ET SUCCESSIVEMENT AUX VOIX, ET L'ASSEMBLÉE LES ADOPTE A L'UNANIMITÉ.

M. LE PRÉSIDENT. La décision que vous venez de prendre sera transmise à nos collègues de l'Association amicale, qui veulent marcher avec nous la main dans la main, et qui nous aideront comme nous tâcherons de les aider nous-mêmes. (*Approbation*).

La séance est levée à onze heures et quart.

NOTE

SUR UN PAVAGE EN CÉRAMITE

par M. A. GOUVY

Parmi les nombreux et intéressants produits qui figuraient à l'Exposition nationale hongroise de Budapest, l'on remarquait dans le pavillon réservé aux matériaux de construction, une exposition d'un caractère tout spécial appartenant à la « Société des houillères et briqueteries » de Budapest; elle se composait principalement d'échantillons de pavés artificiels de diverses grandeurs, dits : pavés de « Céramite », de briques ordinaires, et d'un modèle à petite échelle d'une chaussée pavée avec les briques en céramite. A la suite des discussions soulevées récemment au sein de la Société des Ingénieurs Civils, sur les pavages en bois et en asphalte, l'étude de ce pavage spécial peut présenter quelque intérêt.

Résistance de la céramite. — Les pavés en céramite, fabriqués par les établissements de la « Société des houillères et briqueteries » à Rakos, près de Budapest, nont pas été obtenus tout d'abord avec la qualité actuelle; la fabrication courante a été précédée d'essais continués pendant plusieurs années à partir de 1875, époque à laquelle les usines étaient peu occupées et cherchaient à utiliser les neuf grands fours Hoffmann, construits en vue d'une plus forte production.

En 1878, grâce aux matières premières excellentes dont on disposait, ces travaux furent couronnés de succès, et les essais faits, aussi bien au laboratoire du Polytechnikum de Budapest qu'à l'Académie royale des Arts et Métiers de Berlin, ont indiqué des chiffres de résistance non rencontrés jusqu'ici pour la pierre artificielle :

Les essais de Budapest, conduits par le professeur J. Horvàth,

ont porté sur 10 cubes; les résultats à la compression ont été les suivants :

N° de l'essai	Kgs par c/m q.	
1	1896	Les cubes d'essai ont été désagrégés à la limite indiquée
2	1902	
3	1910	
4	2023	
5	2166	

N° de l'essai	Kgs par c/m q.	
6	2364	Cubes désagrégés à la limite indiquée.
7	2425	
8	2796	Cubes restés intacts sous la *pression maxima* de la presse hydraulique.
9	2562	
10	3172	

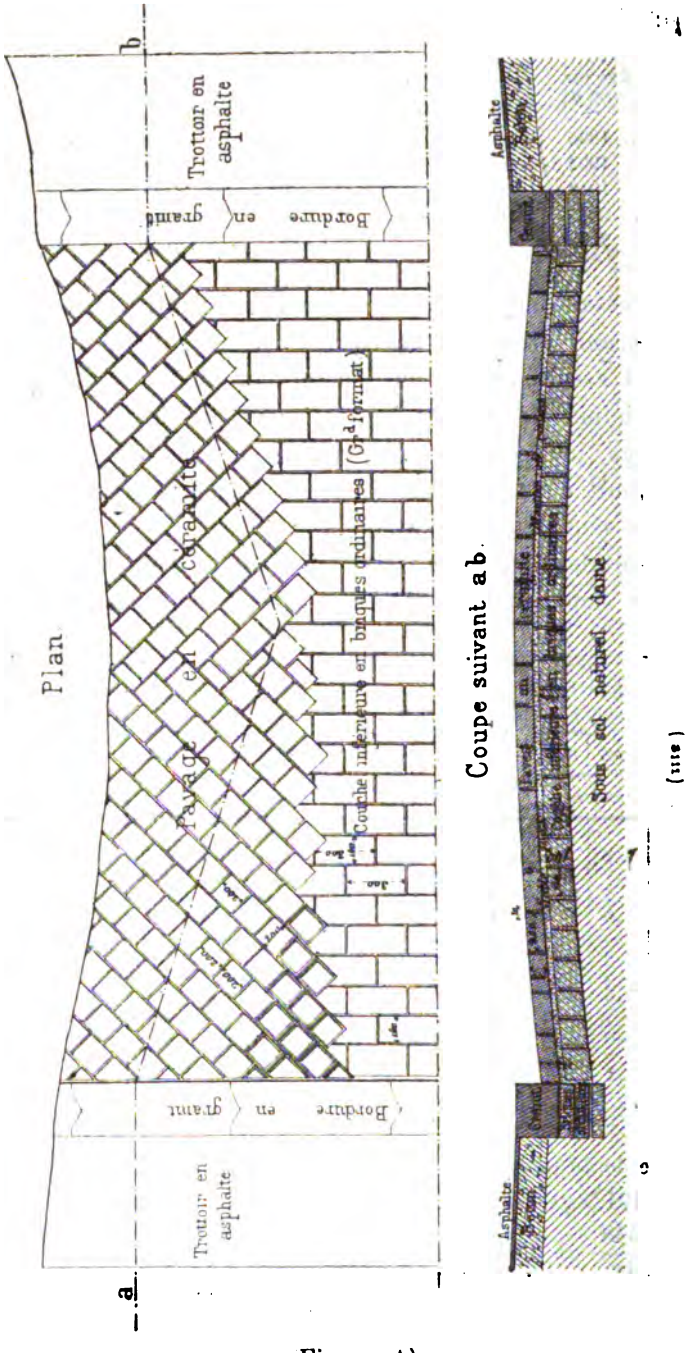
De ces essais faits concurremment avec d'autres essais sur 22 blocs de *granit* provenant de trois carrières différentes des environs, il est résulté que les blocs de granit ont été broyés par une charge minima de 866,20 kgs et par une charge maxima de 1631,62 kgs par centimètre carré, tandis que des dix cubes de céramite, huit n'ont cédé que sous les pressions indiquées, et deux sont restés complètement intacts.

Les résultats obtenus à l'Académie de Berlin par le docteur Böhme, et s'appliquant à 23 cubes d'essai sont les suivants :

N°s des essais	DIMENSIONS DES CUBES (Centimètres) long^r	larg^r	haut^r	SURFACE comprimée en cent. carrés	LIMITE de résistance kgs.p.c.m.q.	N°s des essais	DIMENSIONS DES CUBES (Centimètres) long^r	larg^r	haut^r	SURFACE comprimée en cent. carrés	LIMITE de résistance kgs.p.c.m.q.
1	6.2	5.8	5.4	35.96	2 292	13	5.6	5.4	5.0	30.24	3 315
2	5.8	5.7	5.5	32.96	2 350	14	5.8	5.2	5.0	30.16	2 800
3	5.7	5.7	5.4	32.49	2 283	15	5.3	5.1	5.0	27.03	3 400
4	5.6	5.6	5.4	31.36	2 308	16	6.0	5.8	5.8	34.80	3 041
5	5.9	5.5	5.2	32.45	2 317	17	5.8	5.8	6.0	33.64	3 437
6	5.8	5.3	5.1	30.74	2 628	18	5.9	5.7	5.2	33.63	3 213
7	5.6	5.4	5.3	30.24	2 800	19	5.7	5.7	5.3	32.49	2 931
8	5.9	5.6	5.6	33.04	2 191	20	5.5	5.5	5.0	30.25	3 645
9	6.0	5.7	5.5	34.20	2 574	21	5.3	5.3	4.8	28.09	3 704
10	5.7	5.5	5.2	31.35	2 878	22	5.7	5.6	5.3	31.92	3 350
11	5.7	5.5	5.2	31.35	2 487	23	5.9	5.8	5.3	34.22	3 190
12	5.7	5.7	5.1	32.49	2 314						

Il résulte de ce tableau que la résistance minima par centimètre carré a été de 2,191 kgs, la résistance maxima de 3,704 kgs ; la moyenne donne $\frac{65.448}{23} = 2{,}845$ kgs. par centimètre carré.

Application pratique de la céramite. — A l'époque où ces essais étaient faits, la commune de Budapest cherchait précisément à


Plan
Pavage en granite
Couche inférieure en bagues ordinaires (Gd format)
Bordure en granit
Trottoir en asphalte
a
b
Coupe suivant a b.
Asphalte
Sous sol naturel dans

(Figure A)

modifier les anciens pavages, ou à les remplacer par des matériaux répondant mieux que le simple granit aux exigences d'une capitale moderne.

Les essais à la compression ayant été répétés sur tous les pavages employés jusque-là, les résultats obtenus ont mis hors de doute les avantages de la « Céramite » au point de vue de la résistance et de l'usure.

Restaient à étudier les propriétés de ce nouveau pavé relativement au roulement des voitures et aux sabots des chevaux; c'est ce qui a été fait dès 1879.

On a choisi dans une rue des plus fréquentées de la ville de Budapest, qui conduit à la gare des marchandises du chemin de fer de l'État Hongrois, un espace de 1,070 mètres carrés, et on a procédé à la pose du pavage.

Ce pavage se compose de deux couches bien distinctes à savoir : 1° la couche inférieure, qui n'est autre qu'un muraillement complet du sol naturel, au moyen de briques ordinaires bien cuites, placées de champ, et 2° la couche supérieure formant le pavé proprement dit, composée de pierres en céramite de 20/10 centimètres et 8^{cm} d'épaisseur, du petit modèle.

La figure (A) indique le système employé dans la rue de l'Université à Budapest, avec pavés grand modèle de 20/20/10^{cm}.

Procédé de pavage. — Pour poser le pavage en céramite, le sol naturel est d'abord dressé conformément au profil de la rue, et soigneusement damé; sur le sol on place simplement de champ des briques ordinaires bien cuites; ces briques ont des dimensions de 30/11/9,5^{cm} dans le cas d'emploi des pavés, petit modèle, et on en consomme alors 40 pièces par mètre carré; avec les pavés grand modèle (fig. A) elles ont 30/14/14^{cm} et il en faut 20 pièces par mètre carré; dans les joints entre les briques, on coule du mortier de ciment. Sur les briques vient alors une couche d'environ 2 centimètres de sable ordinaire qui reçoit les pavés de céramite placés en diagonale sur l'axe de la chaussée et à sec; dans les joints de ces pavés est coulé un mélange de :

1 partie de goudron de houille chauffé,

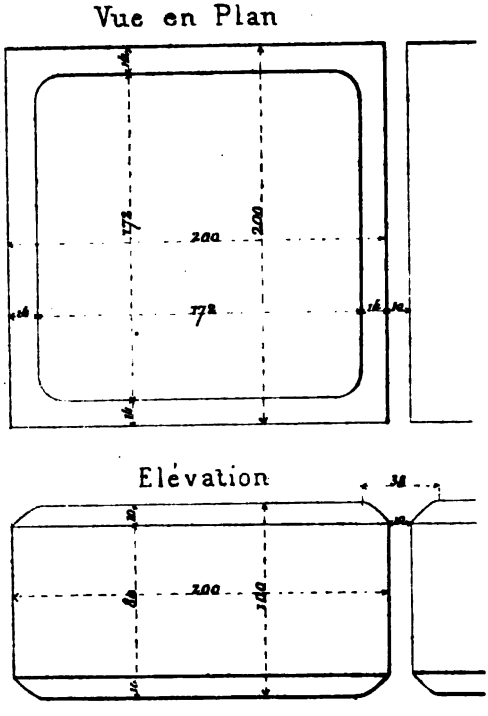
4 parties de poix ordinaire,

15 à 20 parties de sable (suivant la grosseur du grain de ce sable).

Au lieu de briques pour le radier de la chaussée, on peut parfaitement employer le béton comme cela se fait avec l'asphalte; il est dans tous les cas nécessaire d'attendre alors la solidification complète de ce béton avant de procéder à la pose des pavés; cependant le béton n'a pas été utilisé jusqu'à présent par la raison que la maison qui a obtenu ces entreprises, produisant elle-même les briques, celles-ci lui reviennent à 20 kreutzer (fr. 0,40) par mètre carré meilleur marché que le béton.

L'épaisseur des joints entre les pavés est généralement de 10 centimètres; elle peut cependant varier suivant la grosseur du grain du sable mélangé au goudron et à la poix de remplissage, ce mélange devant s'introduire sans aucune difficulté dans les joints.

Rues pavées en céramite à Budapest. — Le premier essai ayant été jugé très satisfaisant, on a procédé en 1881 aux pavages de la rue de l'Université, avec 1,127 mètres carrés, de la rue de l'Hôtel-de-Ville, 584 mètres carrés et de la rue de Kecskemét, 2,036 mètres carrés; en 1883 on a pavé en céramite la rue des Serpents, soit 800 mètres carrés, et enfin en 1885 le grand carrefour, à l'extrémité de la rue de Kerepes, devant la gare centrale du chemin de fer de l'État Hongrois et comprenant 4,500 mètres carrés.



Nous ne mentionnerons pas ici les applications multiples des pavés et plaques en céramite de moindres dimensions pour les cours et porches de presque toutes les maisons construites à Budapest dans ces derniers temps; cette seconde application présentant moins d'intérêt que le

pavage de chaussées fatiguées par une forte circulation; la céramite a été appliquée dans ce cas à environ 20,000 mètres carrés!..

Formes, poids et prix des pavés en céramite. — La forme donnée aux pavés pour chaussées, a été choisie de telle sorte que le poids de chaque pièce soit aussi faible que possible et que cependant la résistance en cas de porte-à-faux en soit suffisante. La figure ci-contre donne le détail d'un pavé de grand modèle de 20/20/10^{cm}.

Quant aux poids et aux prix des pavés en céramite rendus à Budapest, ils sont indiqués dans le tableau suivant qui comprend aussi les pavés pour cours, et les plaques ordinaires.

DÉSIGNATION DES MODÈLES des pavés en céramite	POIDS de la pièce Kilogs	PRIX du mille Florins	DÉPENSE par mètr. carré de pavage	
			PIÈCES	FLORINS
Grand modèle 20/20/10 c/m	10	240	22 1/2	5,40
Petit modèle 20/10/8 c/m.	4	110	46	5,06
Plaques pour trottoirs 20/20/4 c/m. . .	4	155	23	3,56
Plaques striées, une seule teinte 17/17/2,6	1,7	140	34	4,76
— en deux couleurs 17/17/2,6	1,7	160	34	5,44
Plaques pour cuisines 17/17/2 c/m . . .	1,5	120 à 180	34	4,08 à 6,12

Les prix des plaques pour cuisines varient suivant le nombre des teintes.

Prix du pavage en céramite. — La dépense d'installation du pavage céramique, y compris le radier en briques ordinaires, et la main-d'œuvre, s'est élevé à Budapest pour pavés avec briques petit modèle à florins 8,85 (17 fr. 79)[1], pour pavés avec briques grand modèle à florins 9,55 (19 fr. 20) le mètre carré.

Ces dépenses peuvent se décomposer comme suit par mètre carré :

	Grand modèle	Petit modèl
1° Aplanir, dresser, damer le sous-sol. . . . . Florins.	0.10	0.10
2° 40 briques ordinaires de 30/11/6,5 à 2 fr. pièce. . —	»	0.80
2° *bis* 20 — — 30/14/14 à 5 fr. —	1.00	»
3° Mortier de ciment pour le joint des briques. . . —	0.16	0.16
4° Pose des briques et jointoiement des briques . . —	0.25	0.25
5° Couche de sable de 2 c/m., matière et main-d'œuvre. —	0.10	0.10
6° 50 pavés de céramite de 20/10/8 à fr. 110 0/00 . —	»	5.50
6° *bis* 25 — — 20/20/10 à fr. 240 0/00.. —	6.00	»
7° Goudron, poix et sable pour joints . . . . . —	0.48	0.48
8° Pose des pavés et main-d'œuvre du jointoiement . —	0.46	0.46
TOTAL. . . . . Florins.	8.55	7.85

1. On peut prendre pour la transformation de la valeur autrichienne en francs le cours actuel de francs, 2,01 par florin.

A ajouter :

1° La quote pour la garantie d'entretien de la chaussée pendant les cinq premières années.	Florins.	0.50	0,50
2° La quote pour les travaux de réparation pouvant devenir nécessaires dans la même période. . .	—	0.50	0.50
D'où total par mètre carré.	Florins.	9.55	8 85

En regard du prix du pavage en céramite, il peut être intéressant d'indiquer le prix des autres systèmes employés à Budapest; ces prix par mètre carré sont les suivants :

1° Pavage en céramite (comme ci-dessus...	Florins.	8.55	soit francs	17.79
	et —	9.55	—	19.20
2° Granit (des carrières de Maüthaüsen)	—	10.76	—	21.63
3° Bois imprégné (système Rüttger)	—	9.50	—	19.10
4° Asphalte comprimé.	—	8.00	—	16.08
5° Asphalte double coulé	—	7.15	—	14.37

La garantie de cinq années pour l'entretien est comprise dans ces prix; le chiffre demandé et accordé pour cet entretien est le même pour la céramite, le granit et l'asphalte, à savoir franc 0,50 par mètre carré et par an; pour le bois il a été fixé par contre à fr. 0,60.

Il résulte de ce qui précède qu'au point de vue de la dépense de première installation, l'asphalte est la chaussée la plus avantageuse; puis viennent la céramite et le bois, et en dernier lieu le granit.

Quant à l'entretien, l'asphalte, la céramite et le granit sont comparables ; avec le pavage en bois ces dépenses sont augmentées de 1/5.

Comparaison des divers systèmes de pavage à Budapest. — Asphalte. — Au point de vue de l'égalité de la chaussée, l'on sait déjà ce que les récentes conférences faites au sein de la Société des Ingénieurs Civils ont fait ressortir à plusieurs reprises, à savoir que c'est l'asphalte qui satisfait le mieux à cette condition; on a fait ressortir aussi les inconvénients qui en résultaient à cause du glissement des chevaux.

A Budapest l'expérience a démontré que la circulation des voitures dans les rues asphaltées diminuait beaucoup, cette circulation se reportant de préférence sur les voies parallèles; le bruit des voitures dans les rues asphaltées est donc réduit au minimum

aussi bien à cause de la surface lisse qu'à cause de la réduction de la circulation.

Les rues asphaltées de Budapest sont les rues de Hatvan et de Vàcz, les rues Dorothée, Palatine et Sébastien; puis la place Gizella en partie, et la place Christophe.

Dans toutes ces chaussées la couche inférieure a été formée de 20 centimètres de béton qui ne recevait la couche d'asphalte qu'après un séchage de deux à trois jours.

Bois. — Le pavage en bois a été établi en certains points de la ville, et notamment sur toute la longueur de 2 kilomètres du boulevard Andrassy (autrefois rue Radiale), le plus fréquenté de tous pendant l'Exposition. La superficie totale de ce boulevard est de 38,000 mètres carrés dont 30,000 mètres carrés ont été pavés en 1884 avec cubes en bois de sapin imprégnés d'après le système Rüttger.

Ce pavage présente au moment de la pose une surface aussi belle que l'asphalte, si la pose a été effectuée avec soin et tant que les cubes de bois n'ont pas encore été détériorés par les actions mécaniques auxquelles ils sont soumis; le bois a en outre l'avantage d'offrir la rugosité nécessaire au sabot des chevaux. On a observé cependant que dès que les cubes commencent à s'écorner, les voitures éprouvent des secousses qui augmentent successivement et rapidement jusqu'à atteindre un degré insupportable.

Céramite. — La céramite disposée avec soin, permettrait d'obtenir une surface lisse analogue à celle des chaussées en asphalte et en bois, mais plus dure que ces dernières; cependant en vue d'éviter le glissement on a mis des congés aux angles (voir fig. C), ce qui donne il est vrai une prise aux sabots des chevaux, mais occasionne par contre un certain bruit, bien moindre cependant que celui occasionné par les pavés en granit.

Granit. — En ce qui concerne le granit, on connaît suffisamment ses inconvénients; la surface rugueuse de ces pavés et leur usure vers la périphérie, qui a pour effet de ne laisser subsister que des calottes sphériques, augmente encore le bruit; les roues des voitures ne roulent plus après un certain temps, mais elles

sautent d'une calotte sur l'autre, ce qui est évidemment aussi désavantageux pour l'ouïe que pour les propriétaires tenus de réparer leurs véhicules et pour les voyageurs.

Les pavages au point de vue hygiénique. — La municipalité de Budapest a étudié aussi la question au point de vue hygiénique.

De ce côté, c'est l'*asphalte* qui fournit encore la chaussée la plus recommandable, cette matière ne donnant lieu qu'à une usure minima dont les produits ne sont pas considérés comme nuisibles, et étant de plus hydrofuge.

Il en est de même de la *céramite* avec laquelle on a constaté une usure presque nulle ; les poussières produites ainsi en très faibles quantités, ne présentent pas non plus d'inconvénients hygiéniques. La propreté peut de plus être parfaite avec un arrosage suffisant, sans que l'eau s'introduise entre les pavés et sans que le glissement soit augmenté comme c'est le cas pour l'asphalte.

Le *granit* présente déjà une usure plus forte, surtout en raison de sa surface rugueuse, et les cristaux résultant de cette usure paraissent être très nuisibles aux organes respiratoires; on sait de plus que ces chaussées sont facilement traversées par les eaux qui se rassemblant sous la couche de pavés, donnent lieu à des miasmes dont on peut se rendre facilement compte lors d'une réparation.

Si l'on considère enfin le pavage en bois, c'est celui qui s'use le plus vite; laissant de côté la pourriture et les miasmes qui peuvent s'y rassembler grâce à la porosité de cette matière, ce qui ne peut être évité qu'en partie par l'imprégnation, il reste toujours à tenir compte des produits de cette usure qui ne sont autre chose que de fines parcelles de bois produisant un très mauvais effet sur les poumons.

En résumé, les essais faits à Budapest, tendent à établir les avantages de l'asphalte et de la céramite sur tous les autres procédés employés jusqu'à présent.

L'asphalte coûte moins cher d'installation et d'entretien, et on ne peut lui reprocher que le glissement.

La céramite coûte un peu plus cher comme instaliation première, les frais d'entretien sont les mêmes que pour l'asphalte, la propreté ne laisse rien à désirer, le glissement est évité complètement, et l'usure est presque nulle. Il ne reste donc que l'inconvénient du bruit produit par le roulement des voitures, mais ce bruit peut être réduit à un minimum suivant la largeur donnée aux joints, et suivant l'amplitude des congés (voir la figure, p. 458).

Le pavage en céramite présente donc un intérêt particulier, qui le rend digne d'une étude plus approfondie en vue du pavage des grandes chaussées à forte circulation, sur lesquelles doivent passer de lourdes charges que ne supporte pas toujours l'asphalte, d'autant plus que par suite de l'élasticité de cette dernière matière, un démarrage est plus difficile que sur une surface lisse et *dure*, qui ne cède pas à la roue.

En tous les cas une visite des rues de Budapest, indiquées ci-dessus, permettrait de se rendre compte plus exactement encore de ce qui vient d'être dit, que cela n'est possible par cette simple notice.

Vienne, Août 1885.

ESSAIS

SUR UNE

MACHINE A VAPEUR[1]

SYSTÈME A. QUÉRUEL

Construite par M. A. CRESPIN

COMPTE RENDU

PAR M. A. QUÉRUEL

L'essai, que M. Crespin et moi avons annoncé dans le procès-verbal de convocation du 6 mars dernier, a eu lieu à la date indiquée : le 15 de ce même mois.

Le programme de cet essai consistait :

1° Relevé de diagrammes au moyen de deux appareils ;

2° Pesée de l'eau d'alimentation ;

3° Jaugeage de l'eau à l'issu du condenseur ;

4° Températures de l'eau injectée et de l'eau de sortie ; *Calorimétrie.*

5° Application du frein.

DESCRIPTION DE LA MACHINE

La machine est un bicylindre du type pilon à manivelles à 180°.

La plaque sur laquelle est constitué l'ensemble de la machine est du type tubulaire et porte, de même fonte, les trois paliers qui reçoivent l'arbre.

Les cylindres chemisés d'une même fonte, sont assemblés entre eux par un boulonnage et portés par quatre piliers tubulaires légèrement arqués. Disposition, du reste, très connue qui nous dispense d'entrer dans de plus amples détails.

1. La machine est installée dans les ateliers de M. Collin, 39, rue Saint-Sébastien, à Paris.

Les particularités qui distinguent cette machine sont :

Les orifices de distribution à larges sections et en ligne droite, sont aux extrémités des cylindres. Le petit cylindre porte quatre orifices dont deux pour l'admission et deux pour l'éduction. Le grand cylindre n'a que deux orifices qui servent alternativement pour l'admission ou pour l'éduction.

En somme, les trois orifices d'un même bout de cylindres sont en prolongement d'une ligne droite et l'on peut les traverser en file par une tringle droite.

Les brides de raccordement des deux cylindres sont ondulés de telle manière qu'ils réservent une capacité intermédiaire entre eux. C'est dans cette capacité que se meut le tiroir dit : de transvasement. Nous n'entreprendrons pas de décrire en détail cet organe : disons simplement que ce tiroir est compensé et équilibré de manière à assurer sa fonction dans les conditions les plus satisfaisantes d'étanchéité.

Au côté opposé du petit cylindre se trouve la capacité dite : boîte du tiroir initial.

Ce tiroir, ainsi que celui de transvasement, est partagé en deux parties pour desservir les orifices des cylindres dont l'espacement est un peu plus grand que la course des pistons.

Le tiroir initial est du type Farcot avec des modifications qui permettent l'introduction jusqu'à 0.70 de la course du piston et donne une fermeture aussi rapide et aussi nette que les systèmes à déclic les plus en crédit. Les diagrammes de la machine en témoignent.

La détente est produite par un régulateur type Larrivière modifié. La pompe de ce régulateur, actionnée par le prolongement de la tige du tiroir initial, envoie la vapeur ainsi comprimée dans un petit cylindre placé dans l'axe de butée des tuiles de détente. Dans ce cylindre, qui reçoit la vapeur comprimée par son milieu, sont deux pistons qui s'écartent par la poussée de la vapeur et agissent par leurs tiges sur les tuiles de détente. Une disposition mécanique relie et solidarise le mouvement des deux pistons, et les quotités d'admission sont indiquées à l'extérieur sur un cadran. Cette disposition cinématique réalise la correction des inégalités proportionnelles de course engendrées par l'obliquité de la bielle.

Afin de compléter ce système et donner une régularité parfaite à la vitesse de rotation à la machine, un très petit régulateur conique

règle l'échappement de la vapeur comprimée dans l'appareil de détente.

Ainsi donc, la vapeur de la chaudière arrive dans l'enveloppe du petit cylindre, pénètre par l'ouverture d'un registre à tiroir dans la boîte initiale, entre en distribution dans le petit cylindre, sort après fonction par l'orifice opposé, traverse en droite ligne le tiroir de transvasement, travaille dans le grand cylindre, sort ensuite par le même orifice et débouche dans la capacité intermédiaire pour, de là, se rendre au condenseur. Ce condenseur est formé de l'un des piliers arqués qui soutiennent le grand cylindre.

La pompe à air est à fourreau; elle reçoit son mouvement au moyen d'une paire de balanciers attelés sur la crosse du grand piston. Sa course est moitié de celle du piston.

La pompe alimentaire est placée sur l'un des côtés de la pompe à air; elle reçoit son mouvement de l'un des balanciers. Sa course est le quart de celle du piston.

L'arbre de la machine est à deux coudes à 180 degrés l'un de l'autre; il porte deux excentriques, un pour l'initial, l'autre pour le transvasement.

Tous les mouvements de cette machine sont verticaux et aucune pièce, aucun organe n'est en pénétration dans le sol.

DISPOSITIF POUR L'EXPÉRIENCE

Chaque cylindre avait été muni de deux robinets pour la fixation de deux appareils à relever les courbes de pression.

Le premier appareil était un « Thomson », le second, un « Richard ». On plaçait ces deux appareils de telle sorte que l'on pût prendre les courbes successives des deux cylindres, c'est-à-dire d'une même vapeur dans sa double évolution. Ainsi la vapeur *a* du petit cylindre ayant inscrit sa courbe de pression à l'appareil Thomson, devenant A par le transvasement, inscrivait pendant cette seconde phase sa courbe négative au Thomson, pendant qu'elle inscrivait sa courbe positive au Richard.

En sorte que cette concordance bien établie nous a permis de recueillir des diagrammes qui relatent les effets successifs d'un même volume de vapeur — conditions essentielles pour une analyse.

Bien que nous ayons eu à notre disposition un réservoir jaugeable pour l'eau d'alimentation, nous avons établi un réservoir spécial sur une balance bascule. De cette façon l'eau d'alimentation a été pesée.

Dans l'étude de la machine, la question du jaugeage de l'eau de sortie du condenseur a été prévue.

Une gaine cylindrique en cuivre de $0^m 25$ de diamètre et de $1^m 20$ de hauteur a été établie pour jauge permanente des eaux du condenseur. L'écoulement se fait par le fond de ce cylindre ; il est réglé par une rondelle tournée et amincie en sa paroi.

La vitesse d'écoulement et son coefficient de contraction ont été vérifiés par deux épreuves; elles sont conformes à la formule

$$v = \sqrt{2gh}$$

Le coefficient de contraction est 0,621.

La température de l'eau à injecter a été prise un grand nombre de fois dans le réservoir et dans le courant remous causé par le jet de la pompe de puits.

La température de l'eau de sortie était notée de 5 minutes en 5 minutes sur l'observation de deux thermomètres.

Pour l'application du frein on a dû, par nécessité, ajouter une poulie-volant de 3 tonnes. Ce deuxième volant était monté sur l'extrémité de l'arbre en dehors de tout palier, par conséquent en porte-à-faux; condition manifestement désavantageuse par ces deux motifs : aggravation de la charge d'une part, et porte-à-faux de l'autre. Un supplément de graissage a été nécessité par l'échauffement accidentel du palier-porte-charge.

Enfin, la vitesse de la machine était contrôlée par un compteur.

L'appareil générateur de vapeur se compose de deux chaudières : la première semi-tubulaire à bouilleurs et à tubes de 35 à 40 m^2. de surface de chauffe. La deuxième est une chaudière à bouilleurs de $25m^2$. de surface de chauffe. Cette dernière était en réparation.

L'expérience et celles qui ont eu lieu ultérieurement et dont nous parlerons plus loin, ont été faites uniquement avec la chaudière semi-tubulaire. Cet appareil, en médiocre état, était peu propre pour l'expérimentation; les fuites, maintes fois observées, s'élevaient à 35 millimètres d'eau perdue en 11 heures, soit 14 litres par heure.

Pour l'exactitude des résultats il y a donc eu lieu de tenir compte de ces pertes.

TABLEAU N° 1.

Dimensions nécessaires pour les calculs.

SIGNES	DÉSIGNATION	PETIT CYLINDRE	GRAND CYLINDRE
	Diamètres des pistons	0m,315	0m,600
	— des tiges	0,050	0,075
	Surfaces des pistons, haut.	0m²,07793	0m², 28274
	— — moyennes	0,07695	0,28053
	Cubes engendrés, moyens.	0m³,05587	0,20380
	Course des pistons	0m,726	0m,723
ε	Espaces nuisibles proportionnels, moyens	0,04833	0,3223

ESSAI AU FREIN DU 15 MARS 1885

Les observations pendant l'essai ont été faites par six opérateurs:

Deux opérateurs aux appareils à relever les courbes de pression.

Un observateur enregistrant les pressions indiquées par un manomètre sur la boîte à tiroir initial et les admissions dans le petit cylindre indiquées au cadran de détente à chaque relevé de courbe;

Un observateur aux thermomètres de l'eau de condensation en sortie enregistrant ces températures et les hauteurs de charge au-dessus de l'axe de l'orifice d'écoulement;

Un observateur de niveau d'eau à la chaudière et à la pesée de l'eau d'alimentation;

Un observateur du frein aidé par trois hommes pour le serrage et le mouillage du volant-poulie.

La durée de l'essai a été de trois heures et dix minutes.

Les diagrammmes tirés de 5 minutes en 5 minutes et les observations relevées aux mêmes instants.

TABLEAU N° 2.

Essai du 15 mars 1885. Résumé des notes d'observations.

DÉSIGNATION	TOTAUX	PAR HEURE
Durée de l'expérience : 3 h. 10 m.		Rev.
Nombre de tours de la machine . . .	10.758	3394,1
Eau d'alimentation pesée	1.442^{k}	
Dont à déduire les fuites constatées de la chaudière	44^{k}	
Eau d'alimentation nette par heure . .		441^{k}
Eau sortie du condenseur	50345^{dl}	15900^{dl}
Température de l'eau d'injection . . .	13°,30	
Température moyenne de l'eau de sortie.	30°,137	
Température acquise	16°,837	
Rayon du frein	2^{m},32	
Poids total du frein	371^{k}00	
Travail de la pompe de puits à ajouter en kilogm	72^{km}	

De ces observations et des calculs préliminaires qui annonçaient une dépense d'eau d'alimentation de 12 pour cent plus élevée qu'elle n'était il y a 2 ans, il résultait que des désordres d'importance secondaire s'étaient produits et qu'il y avait lieu de vérifier les organes internes de la machine.

On a reconnu, en effet, 1° que les ressorts qui pressent les tuiles sur le dos du tiroir initial étaient trop adoucis par l'usage et qu'il y avait lieu de leur donner un peu de bande. — 2° que le tiroir de transvasement avait par les mêmes raisons été affaibli dans le ressort réactif entre les deux surfaces et qu'il y avait fuite au premier moment de mise en communication. Désordre d'ordre inférieur qui, tout en entamant l'économie du fonctionnement, n'avait encore pu être remarqué par l'industriel qui faisait usage.

Toujours satisfait du fonctionnement économique de sa machine, M. Collin n'avait pas cru devoir la faire visiter et nous assurait de la continuité de son bon état.

L'épreuve, devons-nous le faire remarquer, a eu lieu dans des conditions défectueuses et, si les résultats n'ont pas été ceux qui appartiennent réellement à la machine, ils n'en ont pas moins été supérieurs et de beaucoup à ceux des machines les plus en renom.

Nous aurions donc pu borner notre communication à l'énoncé des résultats bruts de l'essai, mais nous avons considéré que le travail

serait incomplet et indigne d'être présenté devant une société savante s'il n'était accompagné d'une analyse qui mette à jour les différents phénomènes de l'épreuve; c'est un travail aride et fatigant, nous en convenons, mais qui ne sera pas sans utilité pour l'avancement de la science de la machine à vapeur.

Nous ne donnerons donc, tout d'abord, que les résultats sommaires du frein, nous réservant de ne produire les résultats analytiques qu'avec trois autres observations destinées à corriger la première.

Travail effectif :

$$Tm = \frac{2\,\pi r\,np}{60 \times 75} = 68^{chx}\,05$$

+ travail de la pompe de puits	0 95
Total du travail effectif	$69^{chx}\,00$

Dans laquelle,

$r =$ $2^{m}320$, levier du frein.
$n =$ $56^{r}\,621$, révolutions à la minute.
$p = 371^{k}\,000$, poids effectif sur bras du levier.

Le rendement de l'indiqué à l'effectif est :

$$\frac{\text{Frein } 69^{ch}\,00}{\text{Rend}^{t}\text{ indiqué } 75,83} = 0,91$$

Le dénominateur 75,83 est pris dans le tableau du résumé des quatre essais. L'épreuve du 15 mars est sous la lettre B.

Cette première étape établit que la machine a un rendement ordinaire de 91 0/0 malgré la disposition défavorable du frein sur un volant en porte-à-faux.

Après avoir remédié au désordre des organes en donnant le serrage convenable aux tiroirs, deux épreuves ont été faites sur la machine en service courant. La première, le 29 avril, sous l'indication de la lettre C; la deuxième, le 2 mai, portant l'indication D.

Les essais comprennent :

1° Jauge de l'eau d'alimentation;

2° Jauge de l'eau de condensation;

3° Chaleur acquise par cette dernière;

4° Relevé de diagrammes doubles et concordants.

Pendant l'essai du 2 mai, une extraction partielle de l'eau con-

densée dans la boîte initiale a été pratiquée. Cette extraction a été $15^{d3},50$.

A ce sujet de purges nous devons dire que, pour des raisons de convenance de l'industriel, le système de purges des enveloppes et des boîtes à vapeur a été modifié et altéré. L'extraction partielle du 2 mai avait pour but de corriger les mauvais effets causés par la suppression partielle de ces purges.

Le tableau qui suit résume les quatre essais dont nous avons parlé.

La première ligne, sous l'indication de la lettre A, contient le résumé de six diagrammes doubles pris dans une série relevée le 23 janvier 1883.

La deuxième ligne, lettre B, donne la moyenne de 12 diagrammes doubles pris dans la série de 32 diagrammes relevés pendant l'essai au frein du 15 mars 1885.

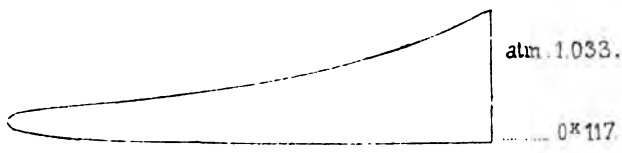
La troisième ligne, lettre C, donne la moyenne de 10 diagrammes doubles relevés le 29 avril 1885.

Enfin, la quatrième ligne, lettre D, donne la moyenne de 10 diagrammes doubles relevés le 2 mai 1885.

Diagrammes moyens tirés pendant l'essai du 15 mars 1885.

GRAND CYLINDRE.

Mach. n° 7.
Date 15 mars 85.
Ressort 30 m/m.
Adm. 0,20.
Press. $7^k,82$.
Vide 0,71.



PETIT CYLINDRE.

Mach. n° 7.
Date 15 mars 85.
Ressort 8 m/m.
Adm. 0,20.
Press. $7^k,82$.
Vide 0,71

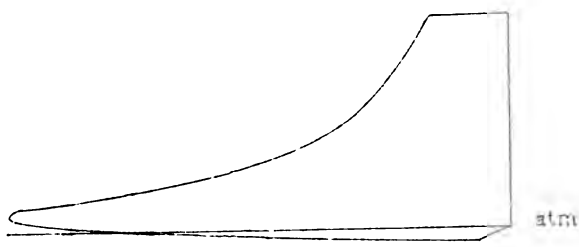


TABLEAU N° 3.

Machine système Queruel n° 7, construite par M. A. Crespin, à Paris.
Résumé des quatre expériences faites chez M. Collin, rue Saint-Sébastien, à Paris.

Petit Cylindre — **Grand Cylindre**

DÉSIGNATION		PRESSIONS					ADMISSIONS DE VAPEUR EN DÉCIMALES	PUISSANCE EN CHEVAUX INDIQUÉS	POIDS DE LA VAPEUR		PRESSIONS						DÉTENTE TOTALE DE LA VAPEUR	PUISSANCES INDIQUÉES		POIDS DE VAPEUR	
SÉRIES	DATES	INITIALES	FINALES	MOYENNES INDIQUÉES	DIFFÉRENCES EN MOINS	SUPPLÉMENT PAR GRAND CYLINDRE			PAR HEURE Q.	CHEVAL INDIQUÉ q.	INITIALES GRAPHIQUES	CALCULÉES PAR FINALE	CALCULÉES PAR CHUTE	FINALES	MOYENNES INDIQUÉES	DIFFÉRENCES		GRAND CYLINDRE	TOTALE T_m	PAR HEURE Q	CHEVAL INDUSTRIEL q
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	course	chev.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	volum.	chev.	chev.	kil.	kil.
A	23 janv. 83	7,515	1,527	3,173	0,0333	0,2360	0,2236	44,77	331,2	7,387	1,396	1,452	1,393	0,407	0,628	0,0085	15,82	32,09	76,68	350,07	4,560
B	15 mars 83	7,256	1,702	3,034	0,2395	0,3160	0,2553	42,65	363,9	»	1,496	1,618	1,539	0,460	0,654	0,0561	13,49	33,25	75,83	394,60	5,193
C	29 avril 83	7,522	1,681	3,110	0,1752	0,6200	0,2309	42,83	352	8,193	1,404	1,675	1,520	0,471	0,645	0,0677	13,637	32,24	75,07	398,79	5,310
D	2 mai 83	8,222	1,607	3,142	0,1887	0,2870	0,2138	42,81	334,8	7,823	1,402	1,512	1,470	0,443	0,594	0,0522	16,01	29,36	72,17	361,60	5,030

Je ne reviendrai pas sur la méthode de calcul du diagramme, méthode d'ailleurs exposée maintes fois en séance [1]. Ce sont au surplus des travaux fort longs qui nécessitent l'emploi de nombreux chiffres, et, pour en donner une idée, les quatre lignes du tableau donnent le résumé de calcul de 184 diagrammes qui n'ont pas nécessité moins de 25,000 nombres et l'emploi de 76,000 chiffres.

Lorsqu'il s'agit d'analyser un essai sur le diagramme, la vérification de la courbe positive est l'opération la plus importante. L'écart entre la courbe recueillie et la courbe théorique indique l'état interne de la vapeur.

La colonne 6 du tableau donne la moyenne différence *en moins* de cet écart pour le petit cylindre. La colonne 17 indique l'écart en moins dans le grand cylindre.

Les nombres de la colonne 7 proviennent des différences *en moins* entre les pressions initiales calculées au grand cylindre et celles qui résultent de la reconstitution de la courbe théorique par la pression finale de ce même cylindre. Ces différences du grand cylindre reportées au petit cylindre sont nécessairement multipliées par le rapport 4, afin de lui donner la valeur qui lui appartient.

Les nombres des colonnes 6 et 7 ajoutés à ceux de la colonne 5, pression moyenne indiquée, donnent le travail théorique qu'aurait dû engendrer le poids de vapeur en fonction dans le petit cylindre.

Le nombre de la colonne 17, ajouté à celui de la colonne 16, pression moyenne indiquée sur le grand piston, donne le travail théorique du grand cylindre.

En ajoutant ces deux travaux théoriques on arrive à l'égalité sensible avec la formule :

$$Q = \frac{\delta T_m}{Pv\left(K_n - \frac{n p_o}{P}\right)}$$

Ce qui fait la preuve de la justesse des opérations, ainsi que nous allons le voir dans les tableaux numéros 4 et 5.

1. Séance du 4 octobre 1878, pages 725 et 871.
Séance du 2 mai 1884, page 573.

TABLEAU N° 4.

Essai B au frein, du 15 mars 1885.

Calculs pour servir de preuve de justesse de l'établissement de la courbe théorique de détente.

PAR LA FORMULE $q = \dfrac{\delta\, T_m}{P\, v\left(K_n - \dfrac{n\, p_o}{P}\right)}$

	NOMBRES	LOGARITHMES	NOMBRES NETS
P 7^k256			
v 1^{m3}			
K_n $33{,}860^{km}$			
n $13^{vol}49$	$13^v\,49$	1,13001	
p_o $0^h155 \times 10{,}000^{c2} =$	1.550 »	3,19033	
		4,32034	
δ à 7^k256			
P.	7^k256	0,86070	
	$2{,}382^k$	3,45964	
δ à 7^k256 densité	3^k793	0,57898	
T_m 1_1 cheval-heure	270 000	5,43136	
		6,01034	
$K_n - \dfrac{n\, p_o}{P} = 30{,}978 =$ log.	4,49105		
P $7{,}256 =$	0,86070		
		5,35175	
q Poids de vap^r par chev. et heure		0,65859	4^k556

PAR LES PRESSIONS INDIQUÉES

+ LES DIFFÉRENCES AU-DESSOUS DE LA COURBE THÉORIQUE

	NOMBRES	LOGARITHMES	NOMBRES NETS
Petit cylindre			
P_2 Pression moyenne indiquée. .	3^k034		
+ Différence entre courbes. . .	0 239		
+ Supplém^t par grand cylindre.	0 316		
	3 589	0,55534	
Nombre concret en log. .		1,14796	
		1,70330	$50^{chx}50$
Grand cylindre			
p^2 Pression moyenne indiquée. .	0^k654		
+ Différence entre courbes. . .	0 056		
	0 710	9,85126	
Nombre concret en log. .		1,70788	
		1,55914	36 24
			86 74
T_m En chevaux.			
Q Poids de vapeur.	394^k60	2,59616	
T_m.	86 74	1,93822	
q Poids de vap^r par chev. et heure		0,65794	4^k550

TABLEAU N° 5.

Résumé de la vérification de la courbe théorique.
q exprime le poids de vapeur par cheval indiqué.

DÉSIGNATION DES EXPÉRIENCES	PAR LA FORMULE $q_1 \frac{\delta T_m}{\left(P_V K_B \frac{n p_0}{P}\right)}$	PAR L'ORDONNÉE MOYENNE DU DIAGR. PLUS LES DIFFÉRENC. ENTRE COURBES THÉORIQUES ET GRAPHIQUES	DIFFÉRENCES entre q_1 et q_2
A.	q_1 4k,344	q_2 4k,342	+ 0k,002
B	q_1 4, 556	q_2 4, 550	+ 0, 006
C	q_1 4, 469	q_2 4, 461	+ 0, 008
D	q_1 4, 356	q_2 4, 451	— 0, 095

Afin que l'on puisse vérifier le mode de calcul, nous donnons un exemplaire de chaque opération. Le tableau n° 4 donne la double opération de contrôle de la courbe théorique. Le tableau n° 5 est le résumé de quatre opérations semblables dont la concordance est très satisfaisante pour l'analyse.

POIDS DE VAPEUR CONSOMMÉE

Le critérium principal du fonctionnement d'une machine est le poids de vapeur consommée par cheval et par heure.

Or l'essai A du 23 janvier 1883 donne la valeur 4k,560 de vapeur pour cette consommation, tandis que les trois essais B. C. D. considérés par leurs diagrammes, donnent une moyenne de 5k,177; c'est-à-dire 12 0/0 d'augmentation de ce chef.

Quelle est la cause de cette perturbation constante et marquée? On ne peut l'attribuer au désordre passager qui a été constaté pendant l'essai du 15 mars, puisque le taux du fonctionnement 5k,192 est sensiblement égal à 5k,170, moyenne des expériences B et C qui ont été faites après ce redressement.

Il faut donc chercher ailleurs. Notre première pensée a été de vérifier le fonctionnement des purges des enveloppes; nous avons reconnu que, à part la suppression de la purge permanente de la boîte à tiroir initial, suppression pour laquelle nous faisons des réserves, les purges des enveloppes étaient efficaces et leur fonctionnement normal.

Restait la qualité de la vapeur.

Quelle différence pouvait-il y avoir entre la vapeur du 23 janvier 1883 et celle de ces jours derniers?

On n'est pas encore bien fixé sur les causes de saturation d'eau de la vapeur; certaines chaudières donnent de la vapeur relativement sèche; d'autres, au contraire, dans des conditions qui semblent plus favorables à la production de la vapeur sèche, donnent une vapeur très chargée d'eau.

Quelques praticiens, chauffeurs attentifs et observateurs, m'ont affirmé qu'ils se tenaient plus aisément en pression, pour un travail donné, avec un niveau d'eau élevé aux chaudières qu'avec un niveau d'eau bas. Ils prétendent employer moins d'eau à l'alimentation et brûler moins de charbon. C'est un fait qui reste à vérifier et, quoi qu'il en soit, je me souviens d'avoir assisté à la mise en marche d'une machine demi-fixe de mon système, avec un niveau d'eau perdu au-dessus du tube indicateur. Néanmoins, la machine a fonctionné sans accident depuis $6^h,55$ du matin jusqu'à $8^h,55$, c'est-à-dire pendant deux heures pleines, sans aucune alimentation. Il a fallu ce laps de temps pour descendre au niveau réglementaire fixé à la demi-hauteur du tube.

Cette machine, au service des Postes et Télégraphes, produisait alors 46 chevaux indiqués; la consommation d'eau était 240 à 250 kil. par heure, soit un demi-mètre cube environ, pour les deux heures.

Ce fait m'a frappé, car je n'ai rien remarqué d'anormal dans la marche de la machine et, malgré ce surcroît d'eau qui obstruait la chaudière et réduisait considérablement le plan d'évaporation, la vapeur m'a semblé d'aussi bonne qualité que de coutume.

Je ne serais donc pas éloigné d'admettre, par suite de cette observation, que l'épaisseur de la couche d'eau au-dessus des surfaces chauffées ne soit pas indifférente au degré de saturation d'eau de la vapeur.

Mais cette digression, utile à certains égards, ne nous donne pas l'explication que nous cherchons. Peut-être les conditions de fourniture de vapeur nous donneront-elles plus de lumière.

Pendant le relevé des courbes du 23 janvier 1883, la vapeur était fournie par les deux chaudières que nous avons décrites. Partagée dans ces deux générateurs, l'ébullition était nécessairement très calme et la vapeur qui en sortait très peu chargée d'eau. De plus

la purge de la boîte à vapeur initiale existait, l'eau de cette boîte retournait directement à la chaudière, y portant des traces d'huile qui favorisaient la production de la vapeur sèche. La tuyauterie, à cette époque, était de section insuffisante, l'écoulement de la vapeur des générateurs à la machine devenait en quelque sorte constant. L'intermittence, on le sait, provoque l'ébullition tumultueuse dont la conséquence est la saturation. Ces causes réunies, deux chaudières, la purge de la boîte et une canalisation restreinte, ont livré une vapeur faiblement saturée d'eau qui a fait que la consommation de vapeur était à ce moment (Essai A du 23 janvier 1883) 4k,560 par cheval indiqué. La vaporisation pendant les détentes dans les deux cylindres accusait une augmentation de poids de vapeur de 0,048.

Dans l'essai B au frein, du 15 mars dernier, les conditions de fourniture de vapeur n'étaient plus les mêmes ; au lieu de deux générateurs il n'y avait plus qu'une seule chaudière, plus de purge initiale et la canalisation rectifiée présentait une section suffisante pour créer l'intermittence de l'évaporation.

Les trois séries de diagrammes B C D, qui ont été relevées dans ces conditions, présentent toutes ce caractère, de faire apparaître pendant les détentes successives dans les deux cylindres, une nouvelle vapeur dont le poids est de 13 0/0 supérieur à celui attribué par l'appareil de détente, soit 0,082 supérieur à l'essai A.

De ces comparaisons on peut donc conclure que les expériences récentes B C D sont empreintes d'un élément perturbateur, c'est-à-dire faites avec une vapeur très saturée d'eau que l'analyse fixe à 14 ou 15 0/0 du poids total.

L'explication du passage de 4k,560, poids de vapeur à celui de 5k,177 reconnu ultérieurement, n'a pas d'autre cause.

Nous allons examiner maintenant le poids supplémentaire d'eau d'alimentation constaté dans l'essai B du 15 mars.

Mais avant d'entrer dans cet examen particulier, nous devons jeter un coup d'œil sur la partie similaire des essais postérieurs C D.

JUSTIFICATION

DE LA POSSIBILITÉ D'APPRÉCIER ET DE FIXER TRÈS APPROXIMATIVEMENT LES POIDS DE VAPEUR ET LES CALORIES QUI TRAVERSENT LES CYLINDRES DES MOTEURS A VAPEUR.

Sur ce point très délicat, nous avons attaché tous nos soins pour éliminer les causes de trouble et d'erreurs afin de déterminer exactement les valeurs cherchées.

Pour arriver à ce résultat, nous avons relevé sur les trois séries les plus intéressantes, celles que nous étions en mesure de contrôler par la calorimétrie, les poids de vapeur accusés par les diagrammes.

Ces poids comparés avec ceux des pesées d'eau d'alimentation nous ont fourni les valeurs inscrites dans le tableau n° 4.

Nous remarquons à l'essai B que les 20 diagrammes non calculés en toutes leurs parties, le poids de la vapeur seul relevé, donnent un nombre 392^{k},6.Ce nombre est fort rapproché de celui 394^{k},6 résultant des 12 diagrammes pris à peu près indistinctement parmi les 32 composant la série B. Ce fait est très explicable : on travaillait au frein, c'est-à-dire à puissance constante. Néanmoins on peut reconnaître ce qu'il y a de sérieux et d'exact dans ce genre d'analyse.

La moyenne de ces deux valeurs étant de 1 kil. au-dessous seulement du chiffre précédemment trouvé, nous n'avons pas cru utile de retoucher le travail pour une aussi mince différence.

394^{k},6 reste donc la valeur de Q.

46^{k},4 le poids de vapeur et d'eau échappé, soit par fuites, soit par eau entraînée, forme le complément des 441 kilogrammes d'eau pesée introduite pour l'alimentation de la chaudière. Cette différence sera spécifiée à l'article de la calorimétrie.

L'essai C présente en comparaison deux valeurs un peu plus distantes pour chaque demi-série de diagrammes : 12^{k},50 de différence. La moyenne de ces deux nombres 392^{k},54 est très sensiblement la même que celle de l'essai B (393^{k},6) ce qui implique une puissance moyenne à peu près égale à celle développée avec le frein, ainsi

qu'on le voit à la colonne 20 du tableau n° 2. Mais cette puissance n'a pu être constante et toujours en harmonie avec les 20 diagrammes à cause des intermittences de puissance employée. C'est ce qui fait que le poids de vapeur semble être supérieur de 9 kilogrammes à celui de l'eau alimentaire.

Pour ce point, c'est à la calorimétrie que nous demanderons des éclaircissements.

L'essai D du 2 mai, par suite des variations de puissance, présente des valeurs un peu plus écartées. Entre les 10 diagrammes calculés et les 24 diagrammes non calculés, il y a 35 kilogrammes de différence.

Cependant en faisant la moyenne de ces deux valeurs on arrive à 6 kilogrammes près de celle des deux précédents essais.

Cette dernière moyenne est sensiblement l'égalité avec le poids de l'eau d'alimentation, la différence en moins étant de $2^k,15$, c'est-à-dire $\frac{1}{4}$ pour cent.

De cette étude, il ressort clairement que l'essai B au frein, celui qui a été suivi par un certain nombre de membres de la Société, a été altéré par les désordres des organes internes de la machine, et qu'il y a eu 46 à 47 kilogrammes d'eau d'alimentation qui, tant en vapeur qu'en eau transportée, ont passé à travers les organes sans produire de travail.

La quotité Q de vapeur inscrite dans les diagrammes du grand cylindre est au contraire constante pour les trois essais.

B 75 ch^x 83 = 393^k 60
C 75 07 = 392 54
D 72 17 = 386 45

TABLEAU N° 6.

Poids de vapeur sensible et eau pesée

	B. ESSAI DU 15 MARS			C. ESSAI DU 29 AVRIL			D. ESSAI DU 2 MAI		
		VAPEUR	EAU		VAPEUR	EAU		VAPEUR	EAU
venant du tabl. 2	394,6×0,5	197,30		398,79×0,5	199,39		$\frac{381,6\times10}{34}$	106,45	
Série non calcul.	392,6×0,5	196,30		386,30×0,5	193,15		$\frac{396,8\times24}{34}$	280,00	
Eau alimentaire.			441,00			383,50			388,60
Moyenne		393,60			392,54			386,45	
Différence + — .		47,40				9,04		2,15	
		441,00	441,00		392,54	392,54		388,60	388,60

TABLEAU N° 7.

Puissance théorique et puissance indiquée. Rendement.

ESSAIS	THÉORIQUE 1	T. INDIQUÉ 2	RENDEMENT 3	RENDEMENT moyen (4)	
	chevaux	chevaux			
A	80,77	76,86		0,952	Les nombres de la première colonne sont formés de la puissance indiquée T. plus le complément entre les courbes graph. et théoriques.
B	86,74	75,83	0,875		
C	89,41	75.07	0.840		
D	81,24	72,17	0,889		
			2,604		
				0,868	
			3		

Par le rapprochement de valeurs donné par ce tableau on reconnaît la constance de consommation dans les trois essais B C D, leurs rendements étant sensiblement les mêmes et en écart moyen de 9 pour cent de celui de l'expérience A.

L'influence de la vapeur très saturée d'eau devient donc de plus en plus manifeste et c'est à cette cause qu'est dû l'accroissement de consommation de vapeur que nous avons constaté.

De 4k,560 qu'elle était avec vapeur relativement sèche à 5 0/0 d'eau, la consommation s'est élevée à 5k,177 avec de la vapeur à 15 0/0 d'eau.

PRIX DE REVIENT DU CHEVAL EFFECTIF

Le travail industriel de la machine soumise aux essais peut être évalué à 69 chevaux effectifs et constants.

Les personnes qui ont assisté à l'expérience ont dû remarquer la qualité inférieure du charbon. Le prix de ces charbons est de 19 francs les 1,000 kilos rendus.

Or, 2,000 kilos de ce charbon, allumage compris, fournissent 33 heures de marche, soit 60k,6 à l'heure.

Pour produire 69 ch[x] effectifs,

$$\text{ou } \frac{60,6}{69} = 0^{k}878$$

$$\text{et en coût } \frac{0,878 \times 19}{1.000} = 0^{fr}0167$$

C'est de la force motrice qui revient à 1 centime et deux tiers par force de cheval effectif et par heure pour son combustible.

CALORIMÉTRIE

Lorsqu'il s'agit d'observations expérimentales sur des moteurs à vapeur, la calorimétrie est indispensable pour contrôler et compléter l'analyse de ces observations.

M. Jules Armengaud l'a bien certainement compris ainsi, et c'est pour ce motif et en vue de l'avancement de la science, que mon estimable contradicteur m'a donné de bienveillants encouragements pour continuer mes recherches dans cette question encore obscure.

Pour répondre également aux critiques, très courtoises d'ailleurs, de notre honorable collègue, M. Piarron de Mondésir, qui a émis des doutes sur la rectitude de mes procédés d'analyse et de calculs, j'ai mis en un tableau ci-après les calculs en détail des trois essais calorimétriques qui font l'objet de ce mémoire.

TABLEAU N° 8.

Calorimétrie des trois essais B, C, D.

CHALEUR INITIALE DE LA VAPEUR

		ESSAI B			ESSAI C			ESSAI D		
		NOMBRES	LOGARITHMES	CALORIES	NOMBRES	LOGARITHMES	CALORIES	NOMBRES	LOGARITHMES	CALORIES
P	Pression initiale . .	7k256			7k522			8k222		
T	Température à P . .	165°23			166°72			169°62		
λ	606,5 + 0,305 × T = calories. . . .	656°89			657°35			658°23		
	Eau d'alim. jaugée .	455k00			383d350			403d380		
	+ manq. niv. 0m002				8 75					
	Eau d'aliment. total.	455k00			392 25			403 80		
	— fuites par chaud..	14k00			4 65			4 65		
	— correct. de dilatat.				4 10			4 35		
	— purge de bolte init.							6 20		
Q.	Eau d'aliment. net .	441k00			383k50			388k60		
Q	Poids de vap. sensibl.	394 60			392 54			386 45		
	Différences + ou —	46 40			9 04			2 15		
	Calories.									
Q	Poids de vap. ou Q. .	394k60	2,59616		383k50	2,58377		388k60	2,58950	
λ	Chaleur latente. . .	656°89	2,81750		657°35	2,81780		658°23	2,81838	
			5,41366	259.220		5,40157	252.100		5,40788	255.792
	L'excédent 46 fr. 40 se répartit ainsi :									
	Fuites vapeur . . .	30k42	1,18316							
λ	Chaleur latente. . .	656 89	2,81750							
			3,30066	19,980						
	Eau chaude	15k98	1,20358							
T	Température. . . .	165°23	2,21809							
			3,42167	2.640						
				281.840			252.100			255.792

TABLEAU N° 8 *bis*.

Calorimétrie des trois essais B. C. D.

CHALEUR RECUEILLIE

	CUBE DE L'EAU DE CONDENSATION ET TEMPÉRATURE	ESSAI B NOMBRES	ESSAI B LOGARITHMES	ESSAI B CALORIES	ESSAI C NOMBRES	ESSAI C LOGARITHMES	ESSAI C CALORIES	ESSAI D NOMBRES	ESSAI D LOGARITHMES	ESSAI D CALORIES
O	Orifice d'écoulement	0m045			0m045			0 045		
H	Hauteur de charge .	1 020			1 036			1 0295		
S	Section de l'orifice .	15c29043			15c29043			15c29042		
V	Vites. d'écoul. par".	4m173			4m308			4 496		
k	Coefficient de const.	0 621			0 621			0 621		
	Ecoulem. par heure.	15m3000			16m3027			15 980		
T.	Tempre de l'eau sortie	30°137			28°21			28 466		
t	» de l'eau d'entr.	12°300			13°30			13 300		
	T — t	16°837			14°91			15 166		
	Calories.									
	Ecoulem. par heure.	15m3900	4,20151		16m3027	4,20489		15m3980	4,20353	
	T — t	16°837	1,22625		14 910	1,17348		15°166	1,18078	
			5,42776	267.767		5,37837	239.000		5.38431	242.300
Q.	+ l'eau de sortie proven. de vap. cond.	411k00	× 13°30	5.865	383k50	× 13°30	5.100	388k60	× 13°30	5.168
	+ pertes de chaleur									
	2 °/o rayont contact									
	1 °/o buée du condr									
	—									
	3 °/o au total.									
	Calories.	273.032	× 0 03	8 208	244 100	× 0 03	7.323	247.468	× 0 03	7.424
	Différences en moins						677			900
				281.840			252.100			253.792

Dans l'essai au frein du 15 mars, nous avons constaté entre l'eau d'alimentation pesée et le poids de la vapeur sensible relevé sur les diagrammes, une différence de 46 kilom. 40. Ce n'est qu'au moyen de la calorimétrie qu'on peut déterminer la nature de cette différence.

La chaleur recueillie dans l'eau de condensation augmentée des pertes ordinaires, le contact de l'air et le rayonnement, donnent un total de 281,840 calories[1].

La moyenne des 12 diagrammes calculés indique 394k6 de vapeur sensible qui ont fourni au condenseur 259,220 calories, soit une différence de 22,620 calories dont il importait de retrouver l'équivalent.

La calorimétrie répartit ainsi le poids complémentaire 46k40 :

Vapeur	30k42
Eau chaude. . .	15 98
Total.	46k40

Dans l'expérience C, le poids de vapeur Q calculé sur diagrammes dépasse de 9k04 celui de la pesée d'eau d'alimentation Q_o. Ce fait n'a rien d'anormal. Dans cet essai en marche industrielle, il y a eu des variations de puissance et toutes les phases n'ont pu être enregistrées par les diagrammes. Il suffit de quelques courbes relevées plus dans un sens que dans l'autre, pour altérer la moyenne et présenter des différences assez notables. Par ces considérations nous pouvons admettre qu'il y a eu égalité entre Q_o et Q et que le vrai poids de vapeur est bien 383k50. En établissant les calculs sur cette base, on trouve, en effet, des produits très approchés, puisque le nombre de calories en moins est de 677; équivalent sensible d'un kilogr. de vapeur, soit 1/4 0/0 sur la totalité.

L'expérience D présente une légère différence entre Q_o et Q. C'est le poids de vapeur qui est moindre de 2k15 que celui de l'alimentation.

L'équation calorimétrique est établie sur le poids net de l'eau d'alimentation Q_o = 388k60. Ce calcul donne un excès de 900 calories sur la chaleur versée au condenseur. Mais si le calcul eût été établi sur le poids moyen de vapeur sensible Q_o — 386k45, la différence deviendrait en moins de 515 calories.

1. Par kilogr. de vapeur, la quotité de l'eau de condensation, se chargeant de 15°65, a été de 40 *d* 3.

On voit par l'extrême rapprochement de ces nombres que les opérations présentent un caractère d'exactitude sur lequel nous nous appuierons pour conclure sur ce sujet.

CONCLUSION

Le but de ces expériences consistait :

1° A rechercher le minimum de consommation en eau alimentaire et en vapeur sensible que pouvait réaliser le fonctionnement de la machine à vapeur soumise à ces épreuves, soit en puissance brute sur le piston, soit en puissance nette sur l'arbre ;

2° A établir le rapport entre ces deux puissances ;

3° A déterminer le rapport entre le poids de l'eau d'alimentation et celui de la vapeur sensible ;

4° A connaître l'écart entre le fonctionnement pratique et le fonctionnement théorique et faire la preuve de la justesse de l'opération ;

5° Enfin, à établir la contre-épreuve calorimétrique tant au point de vue de l'étanchéité des organes que de celui des quantités de vapeur mises en fonction dans la machine et le sort de la chaleur de cette vapeur.

Sur la première question : vapeur consommée, nous avons reconnu que l'état incorrect de la machine, lors de l'essai B, du 15 mars dernier, a donné pour résultat de consommation :

Eau alimentaire pesée	6k 390
Vapeur sensible.	5k 707

Les deux essais C et D faits après resserrement des ressorts n'ont guère modifié la dépense de vapeur puisque la moyenne de ces deux essais est de 5k 685, faisant observer que, dans ces trois épreuves, la saturation de la vapeur était de 11 à 13 pour cent.

Mais l'essai A antérieur de deux années fait avec deux chaudières fournissant de la vapeur à 5 pour cent de saturation, seulement, a donné un cheval effectif avec 5k 011 de cette vapeur. Les essais C et D eussent donné les mêmes résultats si la livraison de vapeur avait été dans les mêmes conditions.

Ainsi donc, la qualité de vapeur saturée d'eau en excès, que nous

avons constatée dans les essais B C D, ne peut être mise au compte d'un appareil qui y est totalement étranger, et l'on peut conclure que la cote de la machine qui a été soumise à ces expériences, est bien 5k 001 de vapeur, qualité courante, par cheval effectif et par heure.

Cependant, pour répondre aux plus exigeants en cette matière, nous concédons que l'essai A du 23 janvier 1883 a été fait hors contrôle; qu'il n'y a, pour cet essai, que des diagrammes détachés ne présentant pas toutes indications pour une analyse comme les essais B C D dont l'eau d'alimentation a été pesée ou jaugée.

Mais si l'essai B présente une discordance entre la pesée de l'eau alimentaire et le poids de vapeur accusé par les diagrammes, fait accidentel dû à un désordre reconnu et corrigé, les essais C et D qui ont eu lieu après correction, sont en concordance sensible pour ces deux mesures. Et, en ne considérant que les indications données par les diagrammes, on a pour la moyenne des essais B C D 5k 692 de dépense de vapeur, à 13 p. 0/0 d'eau, par cheval effectif et par heure. Valeur qui, à la rigueur, pourrait être admise.

Enfin, si l'on tient absolument à l'essai B au frein, du 15 mars, et à l'eau pesée sans admettre le désordre accidentel qui a été constaté, et, en considérant cet état exceptionnel comme l'état normal de la machine, la consommation de cette dernière demeurera encore bien au-dessous de celles réputées des meilleures et sortant de nos premiers ateliers, avec lesquelles nous pouvons entrer en comparaison.

TABLEAU N° 9.

Tableau de comparaison du taux de consommation de divers systèmes de machines à vapeur.

ANNÉES	EXPÉRIMENTATEURS	SYSTÈMES DE MACHINES	CONSOMMATION PAR CHEVAL & PAR HEURE			
			EAU ALIMENTAIRE		CHEVAL EFFECTIF	
			INDIQUÉ	EFFECTIF	RENDEMT	CHARBON
1864	Leloutre	Mono-cylindre à surchauffe système Hirn.		9k,298		1k,265
1878	Walther-Meunier	Corliss. Thau (Alsace).		9,370	0,913	1,334
1880	—	Deux cylindres manivelles à 90°.		8,800	0,866	1,254
1881	Schrôter	— — à soupap.	6k,624	7,648	0,866	
1884	Marine Cherbourg	Corliss.	7,000	8,536	0,820	
»	Ville de Paris	— élévation d'eau (St-Maur)		8,250		1,100
»	—	— — eau d'égout (Clichy) . . .	7,213	8,792		
»	Delafond	Corliss.	7,750	9,500	0,815	
»	Marine Cherbourg	Deux cylindres manivelles à 90°	6,100	7,045	0,866	
1885	Queruel et Bonne	— — à 180° Ess. B Frein.	5,193	6,390	0,910	
»	Queruel	— — — — C et D.	5,170	5,685	0,910	
1883	Queruel	— — — A. . . .	4,560	5,011	0,910	

Et si l'on serre la comparaison de plus près.

TABLEAU N° 10.

COMPARAISON	PAR CHEVAL EFFECTIF		DIFFÉRENCES EN MOINS en faveur syst. Queruel	
	Divers systèmes MOYENNES	SYSTÈME QUERUEL	EN KILOGR.	PROPOR-TIONNELLES
Avec l'essai B :				
Système Corliss.	8k889	6k390	2k499	0k2811
— 2 cyl. maniv. à 90°. . . .	7 831	6 390	1 441	0 1840
Avec l'essai A :				
Système Corliss.	8k889	5k011	3k878	0k4363
— 2 cylindres maniv. à 90°. .	7 831	5 011	2 820	0 3601

Sur la deuxième question : le rendement de la puissance indiquée en puissance effective.

Le tableau ci-dessus indique pour la machine Corliss, expérimentée par M. Walther-Meunier, un rendement de 91,3 pour cent, tandis que la moyenne de pareille machine construite au Creusot n'a donné que 81,5 pour cent ; celles de M. Farcot, 82 pour cent à la force nominale. — Les deux derniers rapports sont concordants, mais celui de la machine alsacienne est bien plus élevé.

La différence entre le poids de l'eau d'alimentation et celui de la vapeur sensible peut être considérée comme nulle dans de bonnes machines fonctionnant avec de la vapeur saturée à 5 p. 0/0 d'eau entraînée. Mais au delà de 5 p. 0/0 il peut prendre un écart dans les machines à puissance vaporisatrice faible. Remarquons cependant que, jusqu'à 14 p. 0/0, la machine soumise aux essais a tout vaporisé.

En ce qui touche l'utilisation de la vapeur inscrite au diagramme et l'utilisation théorique, la machine a donné aux épreuves B C D, avec vapeur saturée à 13 p. 0/0 d'eau, une utilisation de 88 p. 0/0. A l'essai A à 5 p. 0/0 d'eau, l'utilisation a été 95,6 p. 0/0.

Les contre-calculs nous ont donné la preuve de la justesse de notre méthode par la reconstitution de la courbe théorique.

Il est à remarquer que l'expérience A, qu'on peut désigner sous l'appellation « normale », est sensiblement la reproduction du fonc-

tionnement économique de la première machine de ce système dont il a été rendu compte dans la séance du 18 juillet 1879, présidence de M. J. Farcot.

Enfin la calorimétrie, inséparable, je le répète, de toute analyse sérieuse du fonctionnement de la machine à vapeur, nous a permis, à la fois, de compléter notre travail et de continuer à considérer que toute la chaleur passant dans l'intérieur des cylindres et versée au condenseur se retrouve entière dans l'eau de condensation, sauf les 2 à 3 p. 0/0 perdus par le rayonnement et le contact de l'air.

NOTE

SUR LA

CONVENTION INTERNATIONALE DU 20 MARS 1883

POUR LA PROTECTION DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

ET EXAMEN DES CRITIQUES QU'ELLE A SOULEVÉES

par MM. Ch. ASSI et L. GENÈS

EXPOSÉ

A la date du 20 mars 1883, une Convention a été signée entre les représentants de la France et d'un assez grand nombre de puissances d'Europe et d'Amérique, en vue d'assurer une protection plus efficace à la « propriété industrielle », désignation qui comprend les brevets, les dessins et modèles industriels, les marques de fabrique ou de commerce et enfin les noms commerciaux.

Les membres de la Société connaissent déjà ce fait par la communication qui a été faite par M. Em. Barrault dans la séance du 3 août 1883, et ils peuvent même retrouver le texte de la convention au *Bulletin*, avec les commentaires dont M. Barrault l'a accompagné.

Nous ne reviendrions donc pas sur ce sujet, si depuis lors l'existence de la Convention internationale, dont la promulgation ne remonte cependant qu'au mois de juillet 1884, n'avait été mise en péril par des critiques qui nous paraissent mériter peu d'attention, mais qui ont été jugées autrement par un certain nombre de Chambres de commerce, celle de Paris entre autres, car elles font parvenir successivement leurs doléances aux ministres compétents et ne demandent rien moins que la prompte dénonciation de cette Convention.

Si cette campagne continuait, il deviendrait bien difficile au gouvernement de résister à des objurgations aussi unanimes, jusqu'à présent, qu'elles nous semblent peu éclairées, et c'est pourquoi nous jugeons utile de demander à la Société de soumettre la ques-

tion à un examen plus sérieux avant que la France se résigne à dénoncer elle-même, et si peu de temps après sa signature, une Convention qui n'a été conclue que sur son initiative et à la suite de quatre ou cinq années d'efforts persévérants.

On doit hésiter d'autant plus devant cette dénonciation qu'avant que le gouvernement ne prît en main cette question d'une union internationale contre la fraude industrielle, elle faisait depuis plus de vingt ans l'objet des études d'hommes appartenant à tous les pays et à toutes les professions, et possédant toute la compétence nécessaire pour résoudre cet important et délicat problème; deux fois ils se sont réunis en congrès, d'abord à Vienne lors de l'Exposition de 1873, et ensuite à Paris pendant l'Exposition de 1878, et leurs délibérations en commun ont abouti à des résolutions dont la Convention du 20 mars s'est inspirée, autant qu'il était possible dans cette première réalisation d'une entente internationale. Le président de la conférence officielle de 1880, dans laquelle a été préparé le texte de la Convention, n'était autre d'ailleurs que M. le sénateur Bozérian, qui avait présidé le congrès de 1878.

Comme on le voit, l'œuvre dont la Convention a été le premier couronnement est une œuvre essentiellement privée; le monde industriel, et notamment les sociétés d'ingénieurs à l'étranger (Angleterre, Autriche, Allemagne, etc.) y a collaboré; c'est *a priori* une garantie que la Convention répond à un besoin réel; il ne faut donc pas laisser compromettre, par sa dénonciation irréfléchie, le résultat de tant d'efforts. C'est pourquoi, nous le répétons, nous appelons sur ce document l'attention de la Société des Ingénieurs civils qui, assurément, a autant d'autorité que les Chambres de Commerce pour se prononcer sur ce qui peut être utile ou nuisible aux intérêts immédiats de l'industrie et à son avenir.

Pour l'intelligence des critiques adressées à la Convention internationale, ainsi que des réponses que l'on peut y faire, il est nécessaire de rappeler les dispositions qu'elle renferme. Toutefois, le texte de ce document ayant déjà été publié au *Bulletin*, nous nous bornerons à un résumé dans lequel nous tiendrons compte des éclaircissements apportés au texte des articles par les procès-verbaux des deux conférences où ils ont été élaborés, c'est-à-dire celle de 1880 tenue par des délégués spéciaux des Puissances, n'ayant reçu qu'un mandat d'étude, et celle de 1883, à laquelle ont pris part les

plénipotentiaires qui devaient signer pour leurs gouvernements après accord définitif.

Peut-être un court préambule ne sera-t-il pas inutile pour indiquer tout d'abord à quoi la Convention tendait, à quels *desiderata* elle devait donner satisfaction.

D'une façon générale on peut dire que ses rédacteurs, se plaçant à un point de vue pratique, se sont proposé de faire disparaître des difficultés — équivalant souvent à des impossibilités — que l'auteur d'une invention ou le propriétaire d'un dessin ou d'une marque de fabrique éprouvait, soit pour obtenir un brevet valable, soit pour faire un dépôt efficace de sa marque ou de son dessin, ou encore pour faire ensuite sanctionner ses droits par les tribunaux, quand des contrefaçons se produisaient. Enfin, par cette convention du 20 mars, on a voulu combler une lacune qui existait dans beaucoup de législations, soit en ce qui concerne la protection du nom même du commerçant, soit en ce qui concerne la garantie temporaire des choses nouvelles envoyées à une exposition officielle avant que les intéressés aient pu accomplir les formalités conservatoires.

Les parties contractantes ayant été d'accord pour bouleverser le moins possible les législations particulières des États — précaution qui n'était pas inutile, étant donné qu'on en était à faire le premier pas dans la voie d'une législation commune et que les lois les plus diverses se trouvaient en présence — on comprend donc que le premier principe dont on s'inspira, ce fut de réclamer simplement de chaque pays le *traitement national* pour les citoyens ou sujets de chacun des autres, et qu'aucune des parties contractantes n'essaya d'imposer sa propre loi, ce qui eût amené infailliblement l'échec des négociations. La Convention n'est donc point basée sur le principe de la réciprocité stricte, et les parties ne se sont imposé des dispositions uniformes que sur les points pour lesquels on a jugé que c'était indispensable sous peine de ne pas obtenir une protection réciproque effective.

Non seulement il fut permis à chaque État de garder sa loi particulière sans modification, sauf sur les points auxquels nous venons de faire allusion, mais on admit même, dans l'union internationale, des pays qui ne protègent pas toutes les branches de la propriété

industrielle : c'est ainsi, par exemple, que la Suisse, les Pays-Bas et la Serbie ne délivrent pas de brevets.

Ce n'est pas, d'ailleurs, sans quelque hésitation que leur admission fut décidée, mais en définitive on reconnut qu'il y avait intérêt à lier ces pays pour le jour où ils feraient une loi, et que cet avantage n'était compensé par aucun inconvénient sérieux, les principes posés par la Convention étant déjà, pour la plupart, appliqués au traitement des étrangers, sans condition de réciprocité.

Nous répondrons, du reste, plus en détail tout à l'heure aux objections faites à la Convention sur ce terrain, ainsi qu'aux autres objections dont elle a été l'objet au point de vue spécial des intérêts français. Il faut d'abord que nous rappelions brièvement ses stipulations.

ANALYSE SOMMAIRE DE LA CONVENTION INTERNATIONALE DU 20 MARS 1883. — *L'article premier* déclare qu'une union est formée entre les États suivants, pour la protection de la propriété industrielle :

Belgique, Brésil, Espagne, France, Guatemala, Italie, Pays-Bas, Portugal, Salvador, Serbie et Suisse.

A ces pays, il faut ajouter :

L'Angleterre, la Tunisie, l'Équateur et la Suède qui ont adhéré depuis la signature.

L'Union ne comprend donc pas aujourd'hui moins de quinze États.

Il est intéressant de remarquer que la Confédération Argentine, l'Autriche, les États-Unis d'Amérique, le Luxembourg, la Russie, la Turquie, l'Uruguay et le Vénézuela, qui avaient envoyé des délégués à la Conférence, n'ont pas jusqu'ici fait parvenir leur adhésion.

Quant à l'Allemagne, elle n'a même pas pris part à la Conférence.

La seule observation que nous ayons à faire sur ce premier article, c'est qu'il ne s'explique pas au sujet des colonies ; toutefois, en ce qui concerne l'Angleterre et la Hollande, il a été entendu que l'adhésion de la métropole n'entraînait pas celle des colonies. La question n'a pas été tranchée pour les autres pays ; le Bureau international officiel, duquel nous avions sollicité un éclaircissement à ce sujet, au mois de novembre dernier, n'a pu nous le fournir.

L'article 2 assure le traitement national, à tout moment de la durée de la Convention, aux citoyens ou sujets des États concordataires en ce qui concerne la protection des inventions brevetables, des dessins ou modèles industriels, des marques de fabrique ou de commerce et des noms commerciaux.

L'article 3 assimile aux nationaux d'un pays les personnes qui y posséderont un établissement industriel ou commercial.

Nous avons été les premiers à dire que c'est peut-être aller bien loin et que cette assimilation, votée seulement en seconde lecture et assez précipitamment, est peu compatible avec le désir que l'on avait témoigné jusque-là, dans la discussion, de limiter le bénéfice de la Convention aux nationaux des pays qui y adhéreraient et chez lesquels, par suite, les étrangers jouiraient de la réciprocité.

Toutefois, en y regardant de près, on reconnaît que cette assimilation était presque forcée, étant donné l'usage de traiter de la même façon tous les commerçants, régnicoles ou étrangers, établis dans un pays; on reconnaît surtout qu'elle n'aura pas les inconvénients redoutés, si par une interprétation inexacte on ne donne pas à un autre article, l'art. 5, une portée qu'il n'a point.

L'article 4 dispose que quiconque aura fait régulièrement le dépôt d'une demande de brevet ou celui d'un dessin ou d'une marque aura un délai pour faire la même demande dans le reste de l'Union. Ce délai est fixé à six mois pour les brevets et à trois mois pour les marques et les dessins, avec un mois supplémentaire pour les pays d'outre-mer ; tout ce qui pourra se passer dans cet intervalle sera sans influence sur la validité du titre obtenu ultérieurement.

Il a été formellement entendu que, pour bénéficier de cet article, l'auteur du premier dépôt ne doit pas seulement l'avoir effectué dans un des pays de l'Union; il faut encore que lui-même appartienne à un de ces pays, soit par sa nationalité, soit par son domicile, soit enfin par le siège de ses établissements.

Il résulte, d'ailleurs, des termes généraux de l'article, que le premier dépôt peut être fait indifféremment dans l'un quelconque des États concordataires ; il n'est pas nécessaire que ce soit le pays d'origine de l'invention, du dessin ou de la marque.

L'article 5 décide qu'il n'y aura plus une cause de déchéance dans le fait d'introduire, dans le pays du brevet des objets fabriqués d'après ce brevet, mais à la condition toutefois que le lieu de fabrication fasse partie d'un dès pays de l'Union.

Il est stipulé que cette faculté d'introduire ne préjudicie pas à l'obligation d'exploiter le brevet conformément à la loi du pays où il a été obtenu.

Nous reviendrons tout à l'heure sur cet article, car c'est sur lui que les détracteurs de la Convention s'appuient pour en demander la dénonciation; nous aurons donc à rechercher si, même en le combinant avec l'article 3 qui assimile au national le propriétaire d'un établissement commercial ou industriel, il peut avoir les conséquences qu'on lui prête.

L'article 5 ci-dessus est le seul qui s'applique exclusivement aux brevets; il ne modifie d'ailleurs la législation que d'un seul pays, la France; partout ailleurs l'introduction d'objets brevetés, accomplie par le breveté lui-même, était déjà permise.

Les articles qui suivent, jusqu'au dixième inclusivement, portent sur les marques de fabrique, les noms commerciaux et les noms de lieu d'origine :

L'article 6 renferme une dérogation aux lois particulières des États, dans l'intérêt des fabricants et des commerçants : il oblige ces États à protéger *telle quelle* une marque étrangère déjà admise au dépôt dans le pays d'origine, alors même que les signes qui la composent ne présenteraient pas les caractères exigés par leur législation. Exception a seulement été faite pour les armoiries publiques et les décorations (art. 4, § 2 du protocole de clôture).

L'utilité de cet article saute aux yeux. Il est clair qu'une marque, parfaitement licite dans un pays, peut ne pas l'être dans un autre, par exemple parce qu'elle sera composée de lettres; en pareil cas, le propriétaire ne pouvait pas réussir à faire enregistrer sa marque partout, à son grand préjudice. Cet inconvénient disparaît grâce à l'art 6, qui, à lui seul, répond donc déjà à ceux qui prétendent que la Convention n'est même pas un premier pas fait dans la voie d'une entente internationale et que la France n'a rien obtenu en échange de ce qu'elle donnait.

Qu'est-ce qui sera regardé comme pays d'origine ? Cela a été fixé dans la discussion : le pays d'origine sera celui où le déposant a son

principal établissement où, à défaut par lui d'avoir un établissement dans l'Union, ce sera son pays natal ; quant à son domicile, il ne pourra pas en exciper ; ceci, d'ailleurs, n'est pas contraire à l'article 3, car l'article 3 n'accorde aux personnes *domiciliées* dans l'Union *que le traitement national*, et la faveur accordée par l'article 6 est quelque chose de plus.

L'article 7 stipule que la nature du produit auquel la marque est destinée à s'appliquer ne pourra pas être un obstacle à l'enregistrement de celle-ci.

Le dépôt d'une marque ne pourra donc plus être refusé sous prétexte qu'elle est appelée à recouvrir des marchandises dont le débit est prohibé. C'est une clause utile, car la prohibition peut être levée plus tard, et il est bon qu'alors l'intéressé n'ait pas perdu ses droits sur la marque. La Convention a distingué avec raison la question de propriété de la marque de la question du droit de débit.

Comme on le voit, les articles 6 et 7 créent une *obligation* pour les États contractants.

Il en est de même encore de *l'article 8*, qui exige que le nom commercial soit protégé dans toute l'Union, sans obligation de dépôt, en faveur des ressortissants des États concordataires ; et il faut entendre par là ceux qui en sont natifs et ceux qui y ont leur domicile ou un établissement; cela ressort de la lecture des procès-verbaux des séances de la Conférence.

Inutile d'insister sur l'intérêt de cet article.

L'article 9 est aussi une clause obligatoire. Il dit que les marchandises portant une marque contrefaite ou un nom commercial frauduleusement emprunté, pourront être saisies à l'importation, à la diligence soit du ministère public, soit de la partie lésée, suivant la loi du pays. Ceci ne s'applique pas à l'importation en transit, mais seulement à l'importation en consommation, à moins, bien entendu, que la loi nationale ne permette de saisir en transit.

Il nous paraît évident que cet article, comme les articles 6 et 7, n'est applicable, dès à présent, que là où il existe une loi sur les marques de fabrique; c'est d'ailleurs le cas général pour les États de l'Union.

L'article 10 étend les dispositions du précédent aux produits portant faussement, comme indication de provenance, le nom d'une

localité déterminée, quand il y sera joint un nom commercial fictif ou emprunté dans une intention frauduleuse.

L'application de cet article peut avoir lieu immédiatement partout, puisqu'elle n'est pas subordonnée à l'existence d'une loi nationale dans le pays où l'on aura à la faire.

Pourquoi exige-t-il deux conditions réunies? Parce que certains noms de localités sont devenus de véritables désignations génériques (exemples : draps d'Elbeuf, de Sedan, de Louviers, velours d'Utrecht, eau-de-vie de Cognac, eau de Cologne, etc.) et que l'on n'a pas cru, dès lors, pouvoir considérer l'emploi de ces noms comme une fraude. Le cas devient différent si un nom de personne accompagne celui de la localité, même si le premier n'est qu'un nom supposé.

Le § 2 de l'article reconnaît partie intéressée tout commerçant ou fabricant engagé dans la fabrication ou le commerce des mêmes produits et établi dans la localité indiquée comme lieu de provenance. Tous ceux qui seront lésés sont donc certains de ne pas voir leur plainte repoussée pour défaut de qualité.

L'*article 11* oblige les États contractants à accorder une protection temporaire aux inventions, dessins et marques de fabrique figurant à une exposition officielle ou officiellement reconnue organisée sur leur territoire. Toutefois, les États qui n'auraient pas de loi sur les brevets, par exemple, ne sont pas tenus de donner aux inventions une garantie provisoire, puisqu'ils ne pourraient pas y faire succéder une protection définitive ; de même pour les marques et les dessins.

Cette garantie des objets exposés, qui existe d'ailleurs en France, comme on le sait, n'est certes pas sans intérêt ; mais il nous semble que la Convention aurait dû aller plus loin.

Cela nous paraît, en effet, une véritable anomalie, que cette convention faite en vue d'assurer une protection *internationale* n'accorde à l'exposant qu'une garantie provisoire limitée au pays de l'exposition ; une pareille limitation ne se comprend que dans une loi faite pour un seul pays en particulier, telle par exemple que la loi française de 1878. L'inventeur français, par exemple, qui exposera son invention à Anvers avant d'avoir pu la faire breveter nulle part n'aura pas lieu d'être entièrement satisfait s'il en conserve la propriété en Belgique, mais la perd en France, en Angleterre et dans

tous les autres pays de l'Union, en raison de la publicité résultant de l'Exposition. Il est vrai qu'il évitera ce danger s'il peut seulement déposer une demande dans un pays de l'Union ; mais dans cette hypothèse l'article 11 devient complètement inutile. Ainsi, cet article, ou fait double emploi, ou bien n'a que des effets trop limités pour être en harmonie avec le but général de la Convention.

Le délégué de l'Italie à la Conférence, M. Indelli, avait parfaitement compris cela, et il avait déposé un amendement tendant à donner à l'article 11 des effets internationaux; mais il dut retirer cet amendement devant les objections soulevées au sujet d'un détail (fixation de la durée de la garantie temporaire) et sans que personne semble avoir remarqué que le sens général de l'amendement était tout autre que celui de l'article en discussion, qui fut voté.

Par l'*article 12*, les États contractants s'engagent à établir chez eux un service spécial de la propriété industrielle et un dépôt central pour la communication au public des brevets, dessins et marques de fabrique.

Excellente création, dont on sent tout de suite l'utilité. Espérons que la France, qui a rédigé le projet de la Convention, ne tardera pas à réaliser chez elle ce service spécial et ce dépôt central unique qu'elle recommande aux autres nations; espérons-le, car ce n'est depuis longtemps un secret pour personne que, de tous les grands pays, la France est celui où ce service est le plus défectueux, ce qui tient surtout à la loi elle-même et à la manière dont les choses sont depuis longtemps organisées. D'autres pays ont déjà obéi aux stipulations de l'article 12, sans parler de ceux qui avaient pris les devants.

L'article 5 du protocole de clôture dit que l'organisation du service spécial susmentionné comprendra, autant que possible, la publication d'une feuille officielle périodique. On devine facilement quelles matières y trouveront place : liste des brevets demandés, délivrés ou cédés et des dépôts de dessins ou de marques ; avis de l'Administration; législation et jurisprudence spéciales, etc.

L'article 13 ordonne la création à Berne d'un bureau central, entretenu par une contribution des États adhérents, placé sous l'autorité

de la Suisse, et destiné à servir de centre, de siège social, pour ainsi dire, à l'Union. Il doit aussi publier une feuille périodique aux termes de l'article 6 du protocole de clôture, et en effet il la publie depuis le commencement de cette année.

Les articles restants, jusqu'au dix-neuvième et dernier, ne sont destinés qu'à pourvoir à l'existence de la Convention, sans négliger son amendement progressif, à assurer l'accroissement de ses forces, et enfin à la prémunir autant que possible contre la mort. Ce n'est peut-être pas la partie la moins habile ni la moins pratique de l'œuvre.

C'est ainsi que l'*article 14* prévoit des revisions périodiques dans des conférences qui auront lieu successivement dans chacun des États.

D'autre part, *l'article 15* donne aux Puissances unies la faculté de conclure entre elles des arrangements particuliers, pourvu que ces arrangements ne contreviennent point à la Convention.

Ce moyen d'aplanir des difficultés résultant d'incompatibilités entre les législations de deux pays avait déjà été quelquefois employé, notamment par la France, au sujet du dépôt des dessins et marques de fabrique.

L'article 16, pour ouvrir toute grande la porte de l'Union, décide que de nouveaux États pourront y adhérer par une simple notification adressée à la Suisse. Comme on l'a vu plus haut, plusieurs pays ont déjà profité de cette faculté.

L'article 17 se borne à spécifier que la mise en vigueur de la Convention est subordonnée, en tant que de besoin, à l'accomplissement des formalités imposées par la Constitution de chaque pays.

L'article 18 dispose qu'elle sera exécutoire un mois après sa ratification et demeurera en vigueur jusqu'à l'expiration d'une année à partir de la dénonciation, étant entendu que la dénonciation n'aura d'effet que pour le pays qui l'aura faite.

Enfin, *l'article 19* stipule que les ratifications seront échangées à Paris dans le délai d'un an au plus tard. En fait, elles n'ont pu l'être que le 6 juin 1884 et le décret de promulgation est daté du 6 juillet suivant.

DISCUSSION DES OBJECTIONS

Telle est, en résumé, la Convention internationale qui a encouru la désapprobation de plusieurs Chambres de Commerce, tel est le traité duquel on demande à la France de se dégager en condamnant ainsi elle-même une œuvre qui est devenue surtout la sienne, puisque c'est elle qui est parvenue à faire l'entente réclamée depuis si longtemps par l'industrie et le commerce.

On soutient que son exécution serait ruineuse pour l'industrie française, attendu qu'elle accorde aux étrangers toutes espèces d'avantages sans aucune compensation.

Comment cela? D'abord, dit-on, parce que, en permettant de prendre un brevet en France pour une découverte qui est déjà publiée depuis plusieurs mois dans d'autres pays, ce que ne permettait pas la loi de 1844, on favorise les étrangers aux dépens du public français auquel on retire la jouissance d'inventions qui seraient tombées dans son domaine.

Mais, cette facilité donnée aux inventeurs pour se faire breveter *est réciproque*, et les Français en profiteront à l'étranger comme les étrangers en France; il y a donc égalité de traitement, et toute la question est de savoir s'il vaut mieux que les inventeurs puissent être pillés partout ou soient protégés partout. Les adversaires de la Convention penchent visiblement vers la première solution; ils en ont le droit quoique tous les hommes compétents la condamnent aujourd'hui; mais, en tous cas, ils ne sont pas fondés à dire qu'une inégalité a été créée au détriment de la France par l'article 4.

La France, disent-ils encore, a fait un marché de dupe en ce qu'elle a admis dans l'Union des pays qui n'accordent pas de brevets.

Mais, avant la Convention, la France donnait déjà des brevets aux étrangers sans aucune condition de réciprocité; la Convention n'a donc rien innové sur ce point; au surplus, nous répétons que c'est l'intérêt d'un pays d'attirer à lui les inventions étrangères, et il ne peut y parvenir qu'en leur assurant une protection; ces deux vérités ont si bien été reconnues aujourd'hui que la même règle est suivie à peu près partout. Cependant quelques pays arriérés pen-

sent encore comme nos adversaires, et par exemple le délégué de l'Uruguay a déclaré au sein de la Conférence que son gouvernement préparait un projet de loi refusant le brevet aux inventions étrangères ; voilà ce que l'on aurait évité si l'on avait pu obtenir l'adhésion de l'Uruguay à la Convention.

En revanche, nos adversaires auraient pu dire avec plus de raison que jusqu'ici la France exigeait la réciprocité, sinon en matière de brevets, du moins en matière de marques de fabrique, et que la Convention ne lui permettra plus cette exigence vis-à-vis des États qui viendront entrer dans l'Union et qui n'auraient pas de loi sur les marques. Mais, les marques étant aujourd'hui protégées dans la plupart des pays, le danger, en réalité, est faible et, au surplus, ce ne serait pas un grand malheur que d'empêcher en France les falsifications de marques étrangères, même sans réciprocité ; la moralité y gagnerait en même temps que le public ne serait plus trompé. Ce n'est pas encore cela qui ruinera notre industrie et notre commerce ; nous aimons à penser qu'ils ont d'autres ressources.

Mais, nous objectera-t-on, si les étrangers sont protégés chez nous sans réciprocité, ils ne nous protégeront jamais chez eux !

En est-on bien sûr ? En 1852 un décret rendu par le gouvernement français déclara que les œuvres littéraires et artistiques étrangères seraient garanties en France *sans aucune condition de réciprocité*. A cette époque la propriété littéraire n'était guère protégée nulle part ; aujourd'hui elle l'est à peu près partout, et au mois de septembre dernier une conférence s'est réunie pour conclure en cette matière une Convention internationale analogue à celle que nous défendons.

Voilà un exemple rassurant et qu'il est bon de méditer, car il prouve que des vues larges ne sont pas nécessairement de la naïveté, ou, si l'on préfère, que certaines naïvetés sont profondément habiles et que la spoliation n'est pas le seul ni le meilleur moyen de s'enrichir.

On dit encore que la France accorde les brevets sans examen et qu'on a accepté dans l'Union des États qui ne les délivrent qu'après un examen préalable, ce qui est un moyen déguisé de les refuser.

Tel n'est pas le but de l'examen, mais, en tout cas, si la France jugeait bon d'appliquer aussi ce système, la Convention lui en lais-

serait toute liberté, puisque chaque pays reste maître de sa législation.

De plus, l'objection est mal fondée en fait, car les deux seuls pays à examen : l'Allemagne et les États-Unis, n'ont adhéré ni l'un ni l'autre.

Nous ne relèverons pas dans le rapport présenté à la Chambre de Commerce de Paris, auquel nous empruntons ces objections, et qui n'est d'ailleurs qu'une deuxième édition abrégée, mais ni revue ni corrigée, des articles parus dans un journal qui mène toute la campagne depuis son début — nous n'y relèverons pas des puérilités telles par exemple que le regret de voir réglementer par un même document les brevets, les dessins et les marques « malgré les différences de bases que présentent ces trois questions, » au lieu d'avoir « plusieurs conventions sous des rubriques différentes ». Les objections de cet ordre sont, en effet, les seules auxquelles on ne puisse rien répondre, car c'est pure question de goût. L'Angleterre, les États-Unis ont compris dans une même loi toutes les branches de la propriété industrielle ; le rapporteur de la Chambre de Commerce préfère la division : nous n'avons rien à y voir.

En négligeant quelques autres critiques de l'importance de celle-ci, nous ne trouvons plus dans le rapport qu'une seule objection contre la Convention du 20 mars, elle concerne la faculté donnée à l'inventeur, par l'article 5, d'introduire de l'étranger des objets fabriqués d'après son brevet.

Si l'interprétation donnée à cet article par le rapporteur était exacte, il y aurait là une question très sérieuse, les conséquences prévues de son application sont même la cause principale, sinon la cause unique, de l'opposition que la Convention a rencontrée de la part des Chambres de Commerce.

Quelle que soit la portée que l'on attribue à cet article, il apporte certainement une modification à l'état de choses antérieur. Il y a donc lieu d'examiner si l'on n'en a pas exagéré beaucoup les conséquences, faute de l'avoir bien lu et bien interprété.

Réfutons tout d'abord une erreur consistant à croire que l'Allemagne et les États-Unis, en particulier, vont pouvoir, grâce à l'article 5, nous inonder de produits fabriqués sur leurs territoires. On ne pourra rien introduire de ces deux pays, par la raison bien

simple qu'ils n'ont pas adhéré à la Convention et qu'ils ne pourront donc pas en réclamer le bénéfice,

C'est pourtant là l'épouvantail dont on s'est servi pour soulever le monde commercial contre la Convention!

Remarquons, à ce propos, qu'ils sont nombreux les pays qui n'ont pas adhéré, et que les adversaires de l'Union internationale ne sont pas bien d'accord avec les faits quand ils la présentent comme tellement défavorable à nos intérêts que toutes les puissances étrangères se sont empressées d'y entrer pour se partager nos dépouilles. En Europe seulement, l'Allemagne, l'Autriche, la Russie, la Turquie, la Grèce, la Norwège, le Danemark, sont restés en dehors; il en est de même des États-Unis; et cependant, la Convention est signée depuis le 20 mars 1883 et ces pays ont donc eu le temps de réfléchir.

Nous venons de faire remarquer que l'on ne pourra pas importer en France des objets brevetés dans ce pays et provenant d'États étrangers à l'Union, et cela d'après les termes mêmes de l'article 5. Est-ce que ce serait nous qui nous tromperions, est-ce qu'il y aurait un autre article qui viendrait modifier celui-là sur le point en question?

Autant que nous pouvons comprendre l'argumentation de ceux qui soutiennent l'opinion contraire à la notre, ce serait effectivement le cas, et l'article 3 effacerait la restriction que l'article 5 renferme; toute personne, d'une nationalité quelconque, pourrait introduire dans le pays du brevet des produits *venant d'Allemagne, des Etats-Unis, ou de tout autre pays étranger à l'Union*, à la seule condition d'avoir un établissement industriel ou commercial dans une des parties de cette Union.

Ce serait là une interprétation absolument inexacte.

L'article 3 assimile aux citoyens d'un pays compris dans l'Union tous les étrangers qui y posséderont un établissement commercial; par là, il leur accorde les mêmes droits, mais rien de plus assurément. Or, le national n'a le droit d'importer que « des objets fabriqués dans l'un ou l'autre des États de l'Union ».

Donc, nous avions raison de dire que rien, dans la Convention, ne permet d'introduire en France des objets brevetés venant d'Allemagne ou des États-Unis, tant que ces États n'auront pas adhéré à l'Union.

Nous nous empressons d'ajouter qu'ils peuvent le faire demain; en tout cas, ce qui ne sera pas vrai pour eux le sera pour d'autres. Laissant de côté la question de savoir de quels pays on introduira, il est donc très intéressant d'examiner quelles proportions l'importation d'objets brevetés pourra prendre.

Les adversaires de la Convention n'hésitent pas à penser que les étrangers possédant un brevet en France feront venir de chez eux tous les objets dont ils auront la vente, au lieu de les faire fabriquer en France comme la loi de 1844 les y obligeait par son article 32 (Soit dit en passant, cet article est inexactement cité dans le rapport présenté à la Chambre de Commerce, ainsi que dans les publications qui l'ont inspiré; on néglige de tenir compte du changement qu'une loi de 1856 a apporté à la loi des brevets de 1844 sur ce seul article. Cela suffirait à montrer que nous ne sommes pas en présence de spécialistes familiers avec les questions dont ils s'occupent).

L'obligation de fabriquer en France est-elle réellement supprimée par la Convention? *Le contraire nous paraît certain.*

Ses adversaires ont sans doute négligé de remarquer le paragraphe 2 du même article 5, qui dit :

« Toutefois, le breveté restera soumis à l'obligation d'exploiter » son brevet conformément aux lois du pays où il introduit les » objets brevetés ».

Or, notre loi sur les brevets, en outre du paragraphe prononçant la déchéance pour introduction — et qui vient d'être supprimé — contient un autre paragraphe qui oblige le breveté, sous la même peine, à exploiter son brevet à partir de la seconde année. Qu'est-ce qu'exploiter? La jurisprudence a toujours été que c'était *fabriquer en France*, et elle n'aurait même pas pu être différente, du moment que l'introduction était prohibée, car, dans ces conditions, le breveté ne pouvait évidemment se procurer des produits qu'en les fabriquant.

Il suffira donc à nos tribunaux de persévérer dans une jurisprudence constante pour que le danger que l'on redoute soit évité, et ce sera même pour eux un devoir strict, car la loi *n'est en rien modifiée* à l'égard de l'exploitation.

Dans la Conférence, on avait agité cette question; quelques-uns avaient voulu supprimer l'obligation, d'autres la maintenir; faute de pouvoir s'entendre, on décida que la Conférence laisserait de côté

cette question, de sorte que chaque État continuerait d'appliquer sa loi particulière, et le paragraphe cité plus haut fut ajouté pour éviter tout malentendu. Effectivement, si le paragraphe 2 n'avait pas ce but, on ne s'expliquerait pas ce qu'il vient faire,

Toute hésitation nous paraît donc impossible sur le sens de l'article 5, quand on le lit jusqu'au bout. Nous sommes heureux, d'ailleurs, que notre opinion sur ce point soit corroborée par celle de M. Georges Plé, avocat, qui a soutenu exactement la même thèse dans un journal industriel et qui a, sur ses contradicteurs, l'avantage d'être plus versé dans la connaissance de la loi des brevets, à en juger par la façon dont il en parle et par sa qualité de secrétaire d'un jurisconsulte faisant autorité en ces matières, M. Pouillet.

Ainsi donc, il paraît certain que la Convention n'a d'autres conséquences, relativement à l'introduction, que de dispenser le breveté, quand il veut introduire une machine brevetée, d'en demander l'autorisation au préalable; de lui permettre, en outre, d'introduire des échantillons de l'invention quand il s'agit de produits autres que des machines, cas dans lequel la loi de 1856 ne permettait pas au ministre d'autoriser l'introduction; enfin, de ne plus limiter à un seul le nombre des objets introduits.

Cette absence de limitation du nombre amènera-t-elle des abus, et les inventeurs établis à l'étranger profiteront-ils de ce que le fait d'introduction en lui-même n'est plus délictueux pour satisfaire à une partie de la demande au moyen de produits simplement importés ?

Nous avouons que cela nous paraît probable, mais en répétant que les tribunaux sont parfaitement armés contre ces infractions. Ils pourront d'autant plus sûrement les réprimer que lorsqu'ils ont à à se prononcer sur la déchéance d'un brevet, c'est sur la demande d'un tiers intéressé; or, quand on remarque combien les intéressés savaient, sous le régime de la loi de 1844, découvrir et signaler un unique fait d'introduction, pour les brevets qu'ils avaient intérêt à faire tomber, on peut être tranquille : les tribunaux trouveront en eux des auxiliaires vigilants pour leur signaler le chiffre des importations; à eux alors d'appliquer la déchéance s'ils reconnaissent que l'esprit de la loi a été violé.

Cependant, n'y a-t-il pas à craindre qu'il ne se forme une nouvelle jurisprudence d'après laquelle, étant donné que l'introduction n'est

plus interdite, les tribunaux déclareraient la loi satisfaite du moment que le breveté aurait fabriqué en France, si peu que ce fût? Cela ne nous paraît pas à redouter, car ce serait une doctrine peu sérieuse que celle qui obligerait le breveté, pour le cas d'une vente de cent machines par an, par exemple, à en fabriquer une en France, en lui permettant de faire venir du dehors les quatre-vingt-dix-neuf autres. En matière d'exploitation les tribunaux se préoccupent surtout de ce qu'il a été possible à l'inventeur de faire; on trouve des arrêts validant des brevets bien que l'exploitation n'en ait pas été commencée dans les délais prescrits, parce que l'inventeur n'avait pas pu faire mieux; mais, réciproquement, nous ne croyons pas que le breveté qui ne ferait qu'une exploitation *pro formâ* eût chance de trouver grâce devant les tribunaux.

Quoiqu'il en soit, ceux qui font tant de bruit pour quelques produits brevetés qui pourront maintenant entrer en France seraient, pensons-nous, bien embarrassés pour justifier leur prétention d'interdire cela à l'inventeur. Non seulement on ne peut sans injustice lui refuser ce droit, mais il aurait même celui d'importer la totalité des marchandises dont il fait commerce.

Il faut favoriser le travail national! dit-on. Fort bien, mais pourquoi un Français qui est breveté le favoriserait-il plus qu'un Français qui n'est pas breveté? Un commerçant, fût-il même étranger, a le droit d'importer en France tous les produits qu'il voudra et en aussi grand nombre qu'il voudra, quand ils appartiennent au domaine public; pourquoi donc ne le pourrait-il pas également pour les produits qu'il a fait breveter?

Est-ce qu'en privant le travail national de la fabrication des uns on lui fait moins de tort qu'en lui retirant celle des autres? Évidemment le résultat est le même dans les deux cas, et à ce point de vue il importe peu que la cisaille ou la machine à coudre achetée en Angleterre ou en Belgique soit brevetée ou ne soit pas brevetée en France.

Voici par exemple deux marchands, dont l'un exploite une machine à coudre brevetée de son invention et l'autre une machine à coudre d'un type banal.

— Vous ne devez pas acheter à l'étranger, dirait celui-ci au breveté; assez d'autres le font déjà, et moi tout le premier; notre industrie souffre et comme il faut bien que quelqu'un se sacrifie

pour la sauver, ce sera vous. Renoncez donc aux avantages que l'importation vous procurerait. La patrie avant tout !

— Mais, pourrait répliquer l'autre, si je comprends bien, vous me proposez de sacrifier mes convenances et mes intérêts aux vôtres; votre patriotisme se drape dans un manteau fait avec ma laine. Expliquez-moi au moins pourquoi je dois être la victime plutôt que vous.

— Ah ! c'est que, comme votre machine est brevetée, nous ne pourrions pas faire concurrence aux fabricants étrangers par qui vous la feriez construire,

— Pardon, vous pouvez parfaitement leur faire concurrence, soit avec des machines à coudre du domaine public, soit avec de nouveaux systèmes que vous ferez breveter également. Vous ne pouvez pas fabriquer précisément mon système, cela est vrai, parce qu'il y a là une question de propriété, mais elle est entièrement distincte de la question du préjudice que fait subir à notre industrie nationale la commande de machines aux constructeurs étrangers : une machine, arrivant toute faite, aura beau être brevetée, elle ne représentera toujours qu'une machine de moins à faire en France. Il y aurait même un avantage évident pour le pays à permettre plutôt l'introduction des produits brevetés que celle des autres, car, précisément à cause de son privilège, le breveté pourra tenir ses prix aussi élevés que s'il avait fait fabriquer en France moins économiquement; s'il a payé bon marché il en profitera, mais sans que ses confrères aient à souffrir de la baisse de prix qui résulterait d'une rivalité entre les maisons étrangères.

En tout cas, pourrait ajouter le breveté, s'il est vrai que notre industrie soit impuissante à lutter contre la concurrence étrangère, qu'on établisse des droits protecteurs, je les paierai comme vous, mais à cette condition je dois pouvoir introduire comme vous.

Objecterez-vous qu'à l'égard de certains pays la France n'est plus maîtresse de ses tarifs? Alors, subissons le mal, mais subissons-le ensemble; pourquoi paierais-je votre rançon ? Est-ce parce que, en cherchant le progrès, j'ai rendu service à mon pays ? Singulière façon d'entendre l'adage : Tout service se paye! Ici, il serait payé par celui qui le rend.

Je sais bien que l'on dit : le brevet est un privilège, et la loi peut mettre à son octroi telles conditions qu'elle jugera convenables.

Encore faut-il que ces conditions se justifient par quelque chose. Or, il s'agit ici d'un privilège qui ne confère aucun monopole et dont l'inventeur jouit sans entraver aucune exploitation similaire. En réalité, une invention industrielle, comme toute œuvre de l'intelligence, constitue une propriété que la loi ne crée pas, qu'elle n'a qu'à constater en vue de la protéger. Quand un inventeur vient lui demander de constater qu'il est propriétaire de telle idée, elle n'est donc pas fondée à lui imposer des conditions iniques ou vexatoires.

Sans doute, matériellement, elle le peut faire, et il faudra bien que l'inventeur s'y résigne, sous peine de tout perdre, mais elle commet alors un véritable abus, comme un magistrat qui vendrait la justice. La seule différence, c'est que ce magistrat serait passible d'une peine, tandis que le législateur peut abuser impunément.

L'équité commande de n'intervenir dans la réglementation de la propriété des inventions que pour sauvegarder l'intérêt général, et l'on ne peut regarder comme d'un intérêt général d'interdire à quelques individus des actes, tels que l'introduction, qui sont permis à tous les autres et qui ont les mêmes conséquences dans tous les cas indistinctement, si même ils n'ont pas moins d'inconvénients de la part des brevetés.

Pour admettre qu'une loi sur les brevets peut mettre à leur délivrance des conditions arbitraires, il faudrait admettre que la délivrance d'un brevet est une mesure purement gracieuse du Pouvoir, ce qui est incompatible avec l'idée qu'une invention est une propriété préexistante à la loi qui la réglemente. Or, telle est la conception moderne du droit des inventeurs. Nous sommes loin du temps où Mirabeau lui-même disait qu'une invention cesse d'appartenir à son auteur dès qu'elle quitte son cerveau; ce qui est à peu près comme si l'on disait que l'on n'est plus propriétaire de sa bourse si on ne l'enferme pas soigneusement dans sa poche.

— Ainsi pourrait parler l'inventeur et nous ne voyons pas ce qu'on lui objecterait. Nous pensons même que, pour plusieurs raisons, il devrait être libre de ne pas exploiter du tout, sans encourir pour cela la déchéance; mais nous n'avons pas à examiner cette question ici.

Concluons, sur l'article 5, qu'en principe il permet d'introduire en France des produits brevetés fabriqués dans un autre pays de l'Union, mais qu'il ne dispense pas pour cela d'exploiter les brevets

par une fabrication ayant lieu en France ; de sorte que les craintes des adversaires de la convention nous paraissent mal fondées.

Nous ne voyons pas, dans le rapport présenté à la Chambre de commerce, d'autres objections à laquelle nous ayons à répondre.

En revanche, le rapporteur reconnaît que la Convention « accorde un droit nouveau aux inventeurs français », celui de ne faire leurs dépôts à l'étranger qu'un certain temps après le dépôt en France, sans avoir à redouter les conséquences de la publicité qui se produirait dans l'intervalle.

Mais « l'avantage est mince », dit-il, car il était *facile* de déposer partout simultanément. De plus, cela « retire aux inventeurs la faculté d'user des anciens délais qui se trouvaient auparavant beaucoup plus longs dans les autres pays de l'Union ». Nous voudrions bien connaître ces anciens délais ! En tout cas, s'il en existait, les inventeurs pourraient encore en user, puisqu'ils profitent de la loi du pays et que le délai de six mois n'est qu'un minimum assuré.

Le rapporteur reconnaît aussi qu'en ce qui concerne les marques de fabrique, les articles 9 et 10 « donnent satisfaction à un des vœux les plus chers de la Chambre de commerce de Paris »; que « l'adhésion des Puissances contractantes à ces deux articles constitue un progrès réel dans la voie de la protection internationale des marques de fabrique »;il regrette seulement que l'on n'ait pas interdit l'indication d'un faux lieu de provenance, même quand il ne s'y joindra pas l'indication d'un nom personnel, ne se rendant peut-être pas bien compte du motif de cette double condition (nous l'avons indiqué plus haut).

Cette approbation partielle n'a pas empêché le rapporteur de conclure que la « Convention a compromis la liberté de l'industrie française, en la privant d'une partie de son travail national, sans compensation apparente »; que les commissaires français qui l'ont négociée ont commis de « lourdes fautes, si toutefois elles ne sont pas intentionnelles », et qu'en définitive nous n'avons qu'à nous retirer au plus vite d'une union que nous avons provoquée. Le rapport ne laisse même pas le choix entre la dénonciation et le choix entre la revision.

C'est ce rapport qui a été voté à l'unanimité par la Commission de législation de la Chambre de Commerce de Paris, et qui a été imprimé pour être distribué aux Chambres des départe-

ments. Il faut s'attendre à ce que plusieurs de celles-ci, prenant comme exactes toutes les affirmations de ce document, suivent l'exemple qui leur vient de si haut, la mode étant d'ailleurs aujourd'hui de trembler au seul mot de concurrence étrangère, ce qui enlève le calme nécessaire pour contrôler des appréciations trop pessimistes et, par exemple, pour constater combien il est peu exact que tous les pays étrangers se soient empressés d'adhérer à la Convention. On a vu plus haut que, en réalité, près de la moitié des États représentés à la Conférence, entre autres beaucoup de Puissances européennes, n'ont pas voulu adhérer : il n'y a donc de ce côté aucune présomption que la Convention favorise les pays étrangers au détriment de la France.

Il n'en est pas moins devenu nécessaire, en présence de l'opposition qu'elle rencontre inopinément chez nous, que tous ceux que la question intéresse se fassent une opinion à la suite d'un examen sérieux. Nous n'avons, pour notre part, aucun parti pris; nous croyons que la Convention marque un progrès réel; les arguments invoqués contre elle ne nous touchent pas, parce qu'ils nous paraissent porter à faux; mais une cause peut être mal défendue et pourtant être juste, au moins en partie; une discussion plus éclairée sera donc très utile.

Elle le sera d'autant plus que l'influence de la Convention internationale peut chaque jour s'accroître par l'accession de nouveaux États. Depuis quelque temps, l'Allemagne, en particulier, se demande si elle n'a pas eu tort de se tenir à l'écart; les Chambres de Commerce sont consultées et, en général, elles recommandent l'entrée dans l'Union; la Société des Ingénieurs allemands — société importante comptant 5,000 membres et qui depuis bien longtemps donne toute son attention aux questions de propriété industrielle, — travaille dans le même sens, et il n'est pas impossible que le nom de l'Allemagne ne s'ajoute bientôt à la liste des Puissances adhérentes.

Cela ne prouverait certainement pas que la Convention est mauvaise pour nous, car, en principe, lorsque deux parties font volontairement une entente, c'est qu'elle est jugée profitable pour l'une et pour l'autre.

L'Union pour la protection de la propriété industrielle peut être bonne pour tout le monde, comme l'Union postale, l'Union

télégraphique, l'Union monétaire, l'Union des poids et mesures, que l'on a déja conclues; comme l'union pour la protection de la propriété littéraire, qui est en train de se faire.

Mais enfin, il est bon que le monde industriel français se fasse une opinion et puisse faire entendre un avis éclairé, venant corroborer ou combattre celui d'un certain nombre de Chambres de Commerce, qui ne nous paraît pas, jusqu'à preuve du contraire, mériter la même épithète.

Dans ce dernier cas, on pourrait enrayer un mouvement qui risque d'amener, sans motif plausible, la dénonciation d'une Convention que la France ne serait sans doute pas près de refaire après l'avoir condamnée elle-même une première fois. Cette dénonciation si rapide d'une œuvre qui est la sienne serait d'ailleurs peu de nature à augmenter son prestige, et c'est une nouvelle raison, même au point de vue de nos intérêts industriels et commerciaux, pour ne laisser qu'à bon escient dénoncer la Convention du 20 mars 1883, à peine entrée en vigueur depuis le milieu de l'année dernière.

C'est dans ces vues que nous avons pris la liberté de porter la question devant la Société.

CHRONIQUE

—

Sommaire. — Machines de laminoirs. — Dock flottant de Rotterdam. — Utilisation des vieux rails d'acier. — Déplacement d'une cheminée. — Résistance de la glace.

Machines de laminoirs. — MM. Kitson et Cie, de Leeds, ont fourni récemment aux forges de Dowlais des machines de très grande puissance pour commande de laminoirs. Ces machines ont deux cylindres horizontaux de $1^m,525$ de diamètre et $1^m,525$ de course, agissant sur le même arbre, l'un sur un coude venu de forge avec l'arbre, l'autre sur un plateau manivelle calé à l'extrémité; ce plateau fretté en acier porte un contrepoids venu de fonte et destiné à équilibrer le mécanisme; le contrepoids formant le balancement de la seconde machine est disposé dans le plateau de jonctionnement de l'arbre moteur avec l'arbre de transmission.

Les bâtis des machines se composent de quatre poutres creuses boulonnées ensemble à l'une des extrémités, et assemblées par l'autre extrémité, élargie à cet effet, avec une poutre transversale qui porte les plateaux d'avant des cylindres. Les cylindres se trouvent ainsi en porte-à-faux par rapport aux bâtis principaux et sont supportés par un petit bâti additionnel placé au-dessous de leur extrémité arrière, lequel bâti supporte également les glissières de guidage des contre-tiges.

L'arbre moteur est supporté par trois portées dont la premier a $0^m,550$ de diamètre et les autres $0^m,530$, la longueur étant pour toutes de $0^m,735$; les coussinets sont en quatre pièces et ajustables; ils sont en bronze phosphoreux, les chapeaux des paliers sont en acier fondu. L'arbre est en fer de riblons forgé avec tout le soin possible.

Les tiges de piston ont $0^m,215$ de diamètre; elles sont également en fer de riblons; les pistons portent des contre-tiges qui sortent par le plateau arrière des cylindres et portent un coulisseau guidé par une glissière. Les glissières avant sont venues de fonte avec les bâtis et sont garnies de règles en fer cémenté et trempé.

Les tiroirs sont placés en-dessus des cylindres; ils sont en forme de pistons et leur diamètre est de $0^m,685$; l'évacuation de l'eau condensée est, à cause de cette disposition des tiroirs, assurée par des soupapes de purge à fonctionnement automatique placées au-dessous des cylindres.

Les tiroirs sont commandés par un arbre auxiliaire parallèle à l'arbre moteur et situé au-dessus dans le plan horizontal passant par les axes des tiges de tiroir. Cet arbre est commandé par un jeu de roues d'engrenages en acier fondu avec dents à doubles chevrons; il porte les excen-

triques à ses deux extrémités. Cette disposition présente certaines facilités d'accès et de plus elle permet l'emploi d'excentriques de faible diamètre relatif, tandis que, s'il fallait mettre ces organes sur l'arbre moteur, on arriverait, avec le diamètre considérable qu'a celui-ci, à des dimensions fabuleuses pour les excentriques, ce qui entraînerait des pertes importantes de travail par frottement et surtout des échauffements difficiles à combattre.

En effet, il n'aurait guère été possible de mettre sur l'arbre de $0^m,55$ de diamètre des excentriques de moins de $1^m,200$ de diamètre, lesquels, à la marche de 120 tours par minute de l'appareil, auraient eu une vitesse à la circonférence de $7^m,540$ par seconde. Cette considération est assez sérieuse pour faire accepter dans certains cas la complication de la transmission par engrenage à l'arbre de distribution.

La machine étant du système reversible, le changement de marche s'effectue par une coulisse droite, type Allan, manœuvrée par un cylindre hydraulique.

Ces puissantes machines, de dimensions qui leur permettent de développer plusieurs milliers de chevaux, viennent seulement d'être mises en service, mais des machines semblables sortant des mêmes ateliers et ayant des cylindres de $1^m,220$ de diamètre et $1^m,370$ de course fonctionnent avec plein succès dans les mêmes forges depuis 1881.

Les dessins des machines que nous avons décrites plus haut ont été donnés dans l'*Enginering*.

Dock flottant de Rotterdam.— La ville de Rotterdam exploite depuis 1883 un dock flottant en fer et en deux parties qu'elle a fait construire et placé dans un bassin creusé à cet effet, sur la rive gauche de la Meuse, près du petit port de Charlois. A la cote de $5^m,66$ sous l'étiage de Rotterdam (désigné par R. P. abréviation des mots hollandais *Rotterdamsche Peil*), ce bassin a 350 mètres de longueur moyenne et 150 de large. La profondeur générale est de $5^m,66$, mais, à l'endroit où doit pouvoir plonger le dock tout entier, il y a $9^m,66$ et, sur le mouillage spécialement affecté à la plus petite des deux parties, $8^m,66$ sous R. P.

Chacune des deux parties forme à elle seule un dock distinct et toutes deux présentent le même système de construction. L'une a 90 mètres, l'autre 48 de longueur. Réunies, elles forment un dock de 138 mètres. A l'ordinaire toutefois, les deux parties, que nous nommerons simplement le grand et le petit dock, sont mouillées isolément l'une en arrière de l'autre et, pour en faciliter l'emploi séparé, l'axe du petit dock est placé latéralement à celui du grand. Les largeurs communes aux deux docks sont les suivantes : à l'extérieur hors œuvre $27^m,40$; à l'intérieur entre les parois des caissons latéraux $20^m,40$ sur le plafond et $21^m,40$ au sommet.

Le corps se compose d'un caisson de fond et deux caissons latéraux.

La hauteur du caisson de fond est au milieu de 3 mètres et sur les côtés de $2^m,70$. De cette moindre hauteur part l'élévation des caissons latéraux hauts de $7^m,50$ et larges, au niveau du plafond, de $3^m,50$, et au sommet de 3 mètres seulement.

Le caisson de fond du grand dock est divisé en douze, celui du petit en huit compartiments. Cette division est obtenue au moyen de cloisons étanches longitudinales et transversales dont voici la disposition. Au milieu de chaque caisson, il y a d'abord une grande cloison longitudinale qui en occupe toute la longueur. De chaque côté se trouvent quatre cloisons transversales dans le grand dock et deux dans le petit. Ces cloisons atteignent toute la hauteur des caissons latéraux. Il y a ensuite deux autres cloisons longitudinales, mais qui ne règnent qu'au milieu de la longueur, entre une paire de cloisons transversales de chacun des deux docks.

Les caissons latéraux sont couverts d'un plancher en tôle quadrillée sur lequel sont placés les cabestans ainsi que les treuils pour la manœuvre des espars de serrage et des tins de fleur. Sur chaque caisson latéral il y a une logette avec les dépendances nécessaires.

Les appareils d'épuisement consistent sur chacun des docks en deux machines actionnant directement des pompes centrifuges, fournies par la maison J. et H. Gwynne, de Londres. Ces machines reposent avec leurs fondations en maçonnerie sur un plancher en fer établi à l'intérieur du compartiment milieu des caissons latéraux, à 2 mètres au-dessus du plafond.

Les pompes du grand dock ont $0^m,500$ et celles du petit $0^m,375$ de diamètre. Les tuyaux de la conduite qui introduit ou enlève l'eau dans les divers compartiments ont le même diamètre que la pompe à laquelle ils s'attachent. Ceux dépendant de l'une des machines de chaque dock communiquent à volonté avec la machine du côté opposé, de façon qu'en cas d'accident elles puissent se suppléer l'une l'autre. La prise d'eau consiste en une large ouverture, fermant par une vanne et située aussi bas que possible dans la paroi extérieure de chaque caisson latéral. L'entrée et la sortie de l'eau sont réglées par de gros robinets qu'on manœuvre de la chambre des machines où des flotteurs permettent de lire le niveau de l'eau dans chaque compartiment.

Les pompes vident chaque dock en deux heures de temps. Les chaudières des machines sont tubulaires à haute pression et éprouvées conformément à la loi du pays à 5 1/2 atmosphères.

Dans les parois des caissons latéraux sont percés 125 hublots.

Pour mettre en communication les voies de passage au sommet des deux caissons latéraux, le grand dock est muni à chacune de ses extrémités d'une passerelle à grue et d'une passerelle à bascule en deux parties chacune. Le petit dock n'a que des passerelles à grues.

Toute la construction est calculée pour levage de navires pesant 44

tonnes par mètre courant. Outre son poids, le grand dock peut soulever 4,000 tonnes et le petit environ 2,000.

Bien que leurs longueurs respectives ne soient, comme on l'a déjà vu, que de 90 et 48 mètres, le grand dock a pu recevoir un navire de 108 mètres et le petit un navire de 70. Pour des bâtiments plus longs, on enchaîne les deux docks l'un derrière l'autre, de manière à en former un seul tout.

L'amarrage des docks sur leur emplacement présentait assez de difficultés, tant à raison des grands efforts qu'ils déterminent que par suite de certaines circonstances.

Ainsi, sur un dock de 90 mètres, flottant à toute élévation et portant un grand navire sous gréement complet, l'effort du vent est toujours extrêmement considérable. Dans un bassin comme celui de Rotterdam, fréquemment exposé, sur une rive plate et ouverte, à toute la violence des vents d'ouest, il y avait encore plus à se prémunir contre ce péril.

Les grosses chaînes nécessaires à l'amarrage des docks ne pouvaient être fixées ni à des pieux sur la rive, ni sur ancres perdues.

Elles auraient trop entravé la circulation dans le bassin. D'un autre côté, quelque solide qu'elle fût, aucune palée d'amarre ordinaire ne pouvait offrir par dix mètres de fond l'énorme résistance indispensable.

M. Witrop Koning, ingénieur chargé de la conduite des travaux, a fait adopter une disposition spéciale. Le corps de chaque appareil d'amarrage consiste en un pieu de cime, fixé dans un massif de maçonnerie et de béton de 5 mètres de côté et de 4 mètres de hauteur. Ce massif repose sur 63 pilots disposés en carré régulier et répartis en 9 groupes de 7 pilots chacun. Les groupes extérieurs présentent une paroi verticale du côté du dock et des autres côtés une paroi en devers.

Après avoir battu tous les pilots en place, on suspendait par-dessus, au moyen de grosses vis et de fortes traverses, un caisson de charpente destiné à servir de base à la maçonnerie. Les traverses étaient fixées sur la tête des pilots de centre de chaque groupe, tenus à cet effet de $1^{m},50$ plus longs que les pilots environnants. Dans le fond du caisson étaient réservées les ouvertures nécessaires pour laisser passer la tête des neuf groupes de pilots.

On chargeait alors le caisson de béton et on le faisait descendre régulièrement de manière que son plan restât parfaitement horizontal. Le béton était déposé au fur et à mesure en tas pyramidal et, quand la ligne de joint de ce tas avec la paroi du caisson était arrivée à atteindre une hauteur un peu supérieure à la ligne de niveau d'eau basse, on profitait du jusant pour maçonner un mur tout à l'entour. On comblait enfin tout l'espace encore vide au moyen d'une dernière coulée de béton. Les sommets du groupe des pilots, liés par des colliers en fer, sont ainsi encastr dans le béton. Sur le bout plus élevé du pilot central est posé et solidement arrêté le pieu de cime en fonte creuse, rempli de béton, noyé lui-

même de 1m,20 dans le lit de béton et dépassant d'un mètre le plan supérieur du bloc de maçonnerie réchampi en ciment. C'est sur ce pieu de cime que sont frappées les grosses chaînes du dock. Les massifs d'amarrage sont au nombre de huit.

Il est nécessaire de pouvoir nettoyer et au besoin réparer à l'extérieur le dessous du dock. Dans ce but on a construit un appareil en bois ressemblant lui-même à un dock très court, avec caisson de fond ouvert au sommet. On le noie d'abord à la profondeur nécessaire et on le conduit à l'une des extrémités du dock, sous lequel on l'engage de façon que son caisson de fond, dont les dimensions intérieures correspondent aux dimensions extérieures du dock, porte en travers de celui-ci. On vide ensuite à la pompe l'eau qui remplit l'appareil. Il s'élève avec une force suffisante pour que ses bords supérieurs munis d'une garniture en cuir s'appliquent à joint étanche contre le fond du dock. Les ouvriers pénètrent par les caissons latéraux qui émergent le long des côtés du dock et le travail se fait avec facilité partout où il est besoin.

Pour permettre l'emploi de cet appareil, les massifs d'amarrage devaient être tenus à une certaine distance des parois du dock. Il était cependant indispensable d'assurer à celui-ci la stabilité la plus parfaite, dans la partie de 90 mètres surtout, qui donne plus de prise à la violence du vent. Dans ce but on emploie de forts caissons flottants, noyés jusqu'à mi-hauteur entre les parois du dock et les massifs et qui peuvent recevoir un mouvement vertical régularisé par des guides en fer.

L'emploi du dock flottant est réglementé par un arrêté municipal du 12 juillet 1883, dont nous reproduirons les principales prescriptions.

Le capitaine désirant faire usage du dock s'adresse par écrit au directeur qui tient registre des demandes. Pour les bâtiments à vapeur, l'inscription peut avoir lieu dès avant leur entrée en rivière. Le capitaine verse entre les mains du directeur une somme de 265 fr. 50 c. (125 florins) comme garantie de sa soumission aux conditions du règlement. Cette somme est portée en déduction des frais de location du dock. Le droit pour l'emploi du dock et de ses accessoires est payé d'après le tarif suivant :

CATÉGORIES DE NAVIRES	ENTRÉE ET SORTIE PAR MÈTRE CUBE	LOCATION DU DOCK PAR JOUR
De 250 mètres cubes et au-dessous à 400 mètres cubes	0fr19	Pour les cinq premiers jours : 0 fr. 06 par mètre cube et par jour. Pour les jours suivants : 0 fr. 04 par mètre cube et par jour.
De 401 à 450 mètres cubes . .	0 18	
De 451 à 500 — . .	0 17	
De 501 à 750 — . .	0 16	
De 701 à 1.000 — . .	0 15	
De 1.001 à 2.000 — . .	0 14	
De 2.001 à 3.000 — . .	0 13	
De 3.001 à 4.500 — . .	0 12	
Au-dessus de 4.500 — . .	0 11	

Ce tarif est augmenté de 25 0/0 pour les navires qui emploient les deux docks à la fois et de 50 0/0 pour ceux d'une construction particulièrement lourde, comme les navires cuirassés.

Le tarif s'applique sur la jauge brute en mètres cubes, constatée conformément à la loi du 3 juin 1875 et à l'ordonnance royale du 21 août suivant et d'après la teneur d'une ordonnance ministérielle du 12 novembre de la même année. Une table jointe à cette instruction sert à convertir en mètres cubes le tonnage des bâtiments non mesurés suivant le procédé Moorsom.

Lorsqu'à son entrée dans le dock un navire se trouve sous charge partielle ou entière, le droit est perçu, non seulement sur la capacité brute du navire, mais encore sur le volume du chargement évalué sur le pied de $2^{mc},83$ pour 1,000 kilogrammes de poids.

Les réparations et autres travaux nécessaires aux navires qui se servent du dock ne sont pas faits par le personnel de la Ville, mais laissés à l'industrie privée. Deux compagnies ont loué à cet effet des terrains attenant au bassin du dock et y ont établi des ateliers.

Il y a encore à Rotterdam un dock flottant en bois de construction ancienne et de faibles dimensions et une cale de halage, sans compter un certain nombre de cales de construction et de réparation.

Les renseignements qui précèdent sont extraits d'une note sur le Port de Rotterdam, ses établissements, son exploitation et son mouvement commercial, par M. J.-H. Neiszen, ingénieur, directeur adjoint des travaux de la Ville.

Utilisation des vieux rails d'acier. — On a fait récemment, à Colombus (Géorgie), des essais intéressants pour tirer parti des vieux rails d'acier, en les transformant en objets divers en acier coulé, tels que sabots de freins, roues de wagonnets, etc.

M. Masters qui s'occupe de cette question avait opéré d'abord sur de l'acier provenant principalement d'outils agricoles; il en a traité plus de 30,000 kilogrammes, dans un simple cubilot avec 1 partie de coke pour 6 3/4 d'acier; la fusion de l'acier demande plus de temps que celle de la fonte, mais, lorsque la température nécessaire est atteinte, l'acier devient très liquide; il se refroidit plus vite que la fonte et devient assez vite pâteux, néanmoins on a le temps de couler d'assez grandes quantités de métal. Le métal obtenu a des soufflures, mais, si on a soin de fondre l'acier avec un sixième de fonte, on obtient un métal très sain et à grain fin, lequel, d'après M. Masters, a plus de résistance que la fonte et même que le fer et est préférable pour les objets de faible dimension.

Ces essais présentent un grand intérêt et peuvent donner naissance à une industrie d'avenir.

Déplacement d'une cheminée. — Le déplacement de maisons ou autres constructions est une opération connue et celui du phare de Sunderland est un des plus remarquables exemples, mais nous n'avions pas encore entendu parler de déplacement de cheminées d'usine.

C'est pourtant ce qui a été, d'après l'*American Architect*, réalisé tout récemment à Salem, Massachusetts.

Cette cheminée a 27 mètres de hauteur et seulement 2 mètres de diamètre; elle est en briques, et presque cylindrique, de sorte qu'il a fallu de très grandes précautions pour ne pas la renverser. On a commencé par entourer la cheminée d'un échafaudage en charpente qui la maintenait complètement, puis on a pratiqué dans la base des trous où on a passé des traverses qui, soulevées par 34 vérins, ont permis de passer sous la cheminée une plate forme en bois avec laquelle on l'a conduite sur des rouleaux à sa nouvelle place située à une trentaine de mètres de l'emplacement primitif. On a employé six hommes et deux chevaux pour toute l'opération; le poids à déplacer était de 130 tonnes environ.

Ce fait n'était d'ailleurs pas sans précédent, car nous avons appris qu'en 1878, à une usine de Brunswick appelée Cabot Mills, également aux États-Unis, une cheminée en briques de $2^{m},40$ de côté à la base et $1^{m},70$ au sommet, contenant environ 40,000 briques et pesant plus de 100 tonnes, fut déplacée de 6 mètres pour permettre l'agrandissement d'un atelier; on opéra en faisant glisser sur un plancher en bois bien graissé une plate-forme portant la base de la cheminée; l'opération demanda huit jours et demi entre le moment où on commença à toucher à la cheminée et celui où la fumée des fourneaux y passa de nouveau; on employa deux vérins pour tout matériel.

Résistance de la glace. — Il a été fait par M. A. Frühling d'intéressantes expériences sur la résistance de la glace, expériences dont il a été rendu compte dans le *Bulletin de l'Association des Ingénieurs allemands.*

Les essais à la traction ont été faits avec une machine à essayer les ciments; ils ont donné des résistances variant de 10 à 15,5 kilogrammes par centimètre carré.

Les essais à l'écrasement ont indiqué les particularités suivantes. A des pressions variant de 9 à 15 kilog. par centimètre carré, il se produit dans les blocs de glace des fissures partant du centre et s'étendant rapidement dans tout le bloc à mesure que la pression augmente, puis les blocs commencent à diminuer de hauteur et finissent par s'aplatir complètement sans jamais se détruire; la réduction de hauteur commence à des pressions variant de 17 à 27 kilog. par centimètre carré.

On a fait des essais à la flexion à diverses températures; on a constaté qu'une pièce de 100 millimètres de large sur 43 de hauteur débitée à la scie pouvait, portée sur deux appuis distants de 500 millimètres, sup-

porter au milieu une charge de 30 kilogrammes, elle travaillait dans ce cas à 12 kilog. par centimètre carré. Une autre pièce de 52 millimètres de large sur 38 d'épaisseur supportant 23,5 kilog. avec 600 millimètres de portée a travaillé à 28 kilog.

On a constaté que la résistance augmentait avec l'abaissement de la température. Les résultats sont d'ailleurs très variables d'un échantillon à l'autre, d'après la nature de la glace.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AOUT 1885

Rapport de M. BRULL sur l'ouvrage de M. G. RICHARD, intitulé **Moteurs à Gaz.**

Rapport de M. LAVOLLÉE sur l'**Association parisienne des Industriels** pour préserver des accidents du travail les ouvriers de toutes spécialités.

On sait que la première association de ce genre a été formée en 1867, à Mulhouse, sous la direction de M. Engel Dollfus, entre les principaux industriels d'Alsace. Des associations analogues ont été organisées à Rouen et à Lille. L'Association parisienne, constituée en 1883, compte déjà près de 400 membres, et tout permet d'espérer une extension rapide et un succès d'autant plus honorable qu'il sera entièrement dû aux efforts de l'initiative privée.

Discours prononcé par M. BARDY, à l'occasion de l'érection de la statue de Nicéphore Niepce, à Chalon, le 22 juin dernier.

Note sur le monument à élever à la mémoire de Nicolas Leblanc, par M. Eugène PELIGOT *(Extrait des comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

Industrie de la Magnésie, par M. SCHLŒSING.

Du gaz naturel et de ses applications industrielles *(Extrait de l'Engineering)*.

Soudure et réparation des vases de platine au laboratoire, par M. J. W. Pratt (*Extrait du Chemical News*).

L'auteur emploie pour boucher les trous qui se produisent dans les vases de platine, au lieu de fils d'or, du perchlorure d'or qui par la chaleur abandonne son chlore et laisse de l'or métallique. Si les trous sont plus grands, on mélange de l'éponge de platine avec le perchlorure d'or. On peut également employer des cristaux de perchlorure d'or pour souder des feuilles de platine au chalumeau.

Sur une **nouvelle méthode d'analyse volumétrique** applicable aux essais des bioxydes de manganèse, par M. P. Charpentier (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

Etude calorimétrique des effets de la trempe et de l'écrouissage sur l'acier fondu, par M. Osmond. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

AOUT 1885

Paroles prononcées sur la tombe de M. Bellot, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, par MM. Demole, ministre des Travaux Publics; Martin, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, et F. Mallet, Président de la Chambre de commerce du Havre.

Note sur la **Statique graphique,** par M. Guillaume, Sous-Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La première partie de cette étude est consacrée aux principes généraux et aux applications aux poutres droites, dans les différents cas qui peuvent se présenter pour celles-ci, poutres posées sur deux appuis, poutres encastrées, poutres continues reposant sur plusieurs appuis.

La deuxième partie comprend les applications aux ponts métalliques à arc, dans les divers cas suivants : arcs avec rotules aux naissances et charnière à la clé ; arcs reposant en un seul point sur chacun des appuis et sans charnière à la clé.

Le premier cas, dit l'auteur, n'a pas été réalisé, sans doute à cause des difficultés d'exécution de la charnière à la clé, mais il permet d'ex-

poser très rapidement la méthode dans son ensemble; le second au contraire est entré dans la pratique des constructions.

L'**Ancienne École des Ponts et Chaussées**, par M. Tarbé de Saint-Hardouin, ancien directeur de l'Ecole des Ponts et Chaussées.

L'origine de l'École des Ponts et Chaussées se trouve dans le bureau des dessinateurs, placé le 14 février 1747, sous la direction de Perronet et qui, d'après les termes de l'arrêt, devait remplir le double objet d'exécuter les plans des grandes routes et former des sujets capables pour les meplois d'ingénieurs des Ponts et Chaussées.

Le titre d'École des Ponts et Chaussées apparaît officiellement en 1777; mais l'École Nationale des Ponts et Chaussées fut instituée par la loi du 19 janvier 1791, laquelle supprimait les Écoles des Ponts et Chaussées établies par les États de Bretagne et de Languedoc. Il est intéressant de faire remarquer que cette loi supprimait également la dénomination de sous-ingénieur en lui substituant celle d'ingénieur, et l'instruction du 7 avril suivant indiquait qu'il conviendrait de désigner le premier grade par le titre d'Ingénieur ordinaire, la dénomination d'Ingénieur étant générique.

Le programme d'enseignement date de l'an VII (1799); il comportait quatre cours : mécanique appliquée et théorie des voûtes; stéréotomie et charpente; architecture et travaux publics; minéralogie et chimie appliquée. En 1810, la stéréotomie fut réunie à l'architecture proprement dite, et un cours spécial de construction fut institué; ce cours fut en 1831 divisé en un certain nombre de cours correspondant aux diverses branches de l'art de l'Ingénieur : Routes. — Ponts. — Navigation intérieure. — Ports de mer. — Service hydraulique. — Chemins de fer.

C'est également en 1831 qu'a été institué le cours de Droit administratif, qui occupe aujourd'hui une place considérable dans l'enseignement.

Etude sur **le mode de navigation à appliquer entre Lyon et Marseille**, par M. Jacquet, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

L'auteur a fait sur le Rhône des expériences ayant pour objet de reconnaître la possibilité d'y appliquer le touage, et a été conduit à formuler un programme de matériel de transport à employer entre Marseille et Lyon.

L'instrument type de transport est la péniche flamande, portant environ 300 tonnes à charge complète, en vue de laquelle sont ouvragés les canaux. Ce bateau qui exige un tirant d'eau de 2 mètres ne peut naviguer sur le Rhône; on devra employer pour le porter, entre Lyon et Arles, des chalands, écluses de rivière remorqués par touage sur chaine

noyée et, entre la Tour-Saint-Louis et Marseille, des bateaux-écluses de mer.

Au point de vue du mode de traction, le mémoire examine les objections faites au touage sur chaîne noyée qu'il recommande ; les objections sont :

1° L'enfouissement de la chaîne dans les graviers ;
2° Le danger résultant de la rupture de la chaîne ;
3° Les dangers de collision ;
4° L'usure de la chaîne par les graviers ;
5° Le déplacement de la chaîne.

L'auteur répond à ces diverses objections et propose certaines dispositions mécaniques du toueur, permettant de faire agir le moteur à la fois sur la chaîne et sur un propulseur, roues ou hélices, mais de telle sorte que le propulseur ne batte l'eau qu'avec une vitesse à peu près égale à celle du courant. Toute la puissance se porte alors sur la chaîne ; mais si celle-ci vient à casser, la puissance n'étant plus équilibrée se portera tout entière sur le propulseur, et le toueur sera instantanément et d'une manière entièrement automatique transformé en remorqueur ordinaire. L'abandon à volonté de la chaîne nécessite l'emploi d'une poulie à empreintes placée latéralement.

Les expériences qui ont été faites avec un matériel de cette nature ont montré en effet que les objections ci-dessus n'avaient pas la gravité qu'on leur attribuait. On a constaté notamment que la chaîne pouvait rester longtemps sans être soulevée et que l'effort du bateau était toujours suffisant pour la ramener à la surface. On a pu le faire au bout d'un an de repos dans un endroit où les graviers sont en mouvement et les craintes d'enfouissement ne se sont pas réalisées.

Le résultat de ces expériences permet à l'auteur de considérer comme résolue au point de vue technique la question de l'application du touage sur chaîne noyée à la navigation du Rhône. On pourrait avec ce matériel faire normalement en cinq jours la remonte d'Arles à Lyon comprenant un parcours de 283 kilomètres, ce qui suppose une marche moyenne de 60 kilomètres par jour et une vitesse absolue de $1^{m},40$ par seconde, correspondant avec des courants de $2^{m},60$, à une vitesse relative de 4 mètres.

Un train composé d'un toueur et de deux bateaux-écluses exigera un travail de 115 chevaux pour le courant et de 13 environ pour la gravité, total 128, ce qui conduira à donner au toueur une force de 150 à 200 chevaux pour lui permettre de franchir certains passages où la vitesse du courant est supérieure à ce qui a été compté plus haut.

La chaîne serait en fer de 25 millimètres pesant 14 kilog. par mètre courant. On pourrait par ce système arriver à faire les transports entre Lyon et Marseille sur 375 kilomètres au prix de 7 francs la tonne, soit moins de 2 centimes par tonne et par kilomètre.

L'auteur discute sommairement un projet de touage par relais au moyen de cables en acier de 10 kilomètres environ amarrés à une extrémité à un point fixe et s'enroulant sur un treuil porté sur le toueur. Ce système, outre les incertitudes qu'il présenterait, et les chances de faible durée du câble, nécessiterait la construction immédiate d'un matériel considérable, probablement 30 toueurs de 200 chevaux chacun. L'exploitation se ferait donc par ce système dans des conditions défavorables tant que l'on n'aurait pas un très grand trafic, parce que le travail de la traction d'uu train serait divisé successivement entre plusieurs appareils à vapeur dont chacun ne serait en service utile que pendant peu de temps.

Nous pouvons ajouter que le programme formulé par M. Jacquet a soulevé de vives objections ; il paraît en effet bien difficile d'arriver à des résultats économiques avec l'énorme exagération du poids mort à laquelle conduit l'emploi des bateaux-écluses.

Durée des éclusages et marche des bateaux sur le canal de Bourgogne, par M. Bazin, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Cette note forme le complément d'un mémoire sur l'allongement des écluses du canal de Bourgogne inséré dans les *Annales* de mars 1885 (voir comptes rendus de mai 1885, page 701).

On admet généralement pour les éclusages des chiffres exagérés. Les bateaux à vapeur portant 100 à 150 tonnes de marchandises éclusent généralement en 8 minutes et quelquefois en 6, et cette durée peut être encore réduite pour des bateaux plus petits; ainsi le yacht *le Marsouin* a éclusé en moins de 6 minutes en moyenne au mois d'avril dernier. Il a franchi le canal de Bourgogne en 49 heures dont 31 h. 1/2 de marche et 17 1/2 d'éclusages soit en moyenne 5 à 6 minutes par écluse.

Avec le torpilleur n° 68, en faisant agir simultanément l'équipage et les agents du canal, on a pu opérer certains éclusages en 3 et 4 minutes. Cette rapidité tient principalement à l'adjonction aux écluses des vannages latéraux qui permettent de remplir et de vider le sas en 2 minutes.

La Compagnie de navigation qui est actuellement en possession de la majeure partie du trafic, emploie des bateaux de 38 mètres de longueur portant 210 tonnes au plus avec le tirant d'eau de $1^{m},35$ que la profondeur de l'Yonne ne permet pas de dépasser ; le chargement descend généralement plus bas et peut être considéré comme compris en moyenne entre 130 et 180 tonnes. La durée totale du trajet de Paris à Lyon est de 11 à 12 jours, arrêts compris, et la traversée du canal de Bourgogne se fait en 6 à 7 jours, quelquefois même en 5. La traction de ces bateaux a lieu, sur la Seine et l'Yonne par le touage, sur le canal par des chevaux, et sur la Saône par des remorqueurs.

La conclusion de cette note est que la recherche pour un bateau du maximum de tonnage possible basée uniquement sur les dimensions des écluses n'est pas toujours un bon calcul. Un bateau, comme ceux qui font actuellement le service entre Paris et Lyon, à raison de 35 kilomètres par jour, rend plus de services que si on portait son chargement à 275 tonnes en réduisant la vitesse à 20 kilomètres ; l'amortissement du matériel et les frais généraux se répartissent ainsi sur un plus grand nombre de voyages et, somme totale, sur un plus fort tonnage transporté. Les petits bateaux, dits berrichons, de 25 mètres de longueur et de $2^{m},50$ de largeur, qui ont transporté les matériaux destinés à l'allongement des écluses entre Laroche et Ravières ont, par suite de la facilité et de la rapidité de leur manœuvre, en ne portant que 78 tonnes, effectué plus de transports que les bateaux ordinaires du canal, plus lourds et moins maniables. Il ne faut pas forcer outre mesure les conditions dans lesquelles fonctionne la voie navigable, et le maximum de l'effet utile ne correspond certainement pas au maximum de chargement des bateaux uniquement calculé sur la capacité des sas d'écluses.

Note sur **un répartiteur d'eau** et sur son application à la police des irrigations, par M. Pelletreau, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Cet appareil a pour but de diviser le débit variable d'un canal en parties proportionnelles à des nombres donnés. Il se compose de vannes en tôle disposées de manière qu'une fois réglées, elles sont maintenues dans leur position par une fermeture compliquée pour laquelle il faut l'usage de plusieurs clefs ; des échelles graduées permettent de donner aux vannes, d'après la position du niveau dans le bief d'amont, la levée correspondante au débit proportionnel voulu,

Pont roulant de l'écluse de Saint-Nazaire, par M. R. Kerviller, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Ce pont roulant a été exécuté par la maison Cail sur un projet présenté par elle et choisi au concours ; mais le pont roulant, ayant été reconnu comme ne satisfaisant pas entièrement aux conditions exigibles, a été terminé par MM. Bon et Lustremant. Il fonctionne d'une manière parfaitement satisfaisante depuis le 1er mai dernier.

La grande écluse que dessert ce pont a 25 mètres de largeur ; le pont a 43 mètres de longueur, dont 28 pour la volée et 17 pour la culasse ; il pèse 300 tonnes dont 80 de contrepoids en fonte à l'extrémité de la culasse. Il a 8 mètres de largeur en dehors des poutres de rive ; celles-ci ont $3^{m}60$ de hauteur et sont réunies à la partie inférieure par des pièces de pont de 0^{m} 65 de hauteur.

Pour manœuvrer le pont, on le soulève d'abord verticalement de toute la hauteur des pièces de pont sous rails, soit $0^{m},95$, au moyen d'un piston

vertical de presse hydraulique de 0m,90 de diamètre, portant une traverse avec quatre galets de 0m,60 de diamètre sur lesquels roule le pont.

La traction se fait par une chaîne de Galle, engrenant avec un pignon actionné par un treuil hydraulique Brotherhood.

La manœuvre s'exécute en quatre minutes et consomme 1,500 litres d'eau à 50 atmosphères.

Résistance des matériaux. — Expériences sur les colonnes en fonte, en fer et les piliers en maçonnerie (Voir *Chronique* de juin 1885, page 805).

ANNALES DES MINES

2me *livraison* de 1885.

Mémoire sur la **Géologie générale et sur les Mines de diamant de l'Afrique du Sud,** par M. A. Moulle, Ingénieur civil des Mines.

Ce mémoire comprend deux parties, l'une consacrée à l'étude générale de l'Afrique méridionale au point de vue géologique, l'autre comprenant l'étude spéciale des mines de diamants.

La seconde partie, qui est la plus intéressante, donne d'abord l'historique des mines de diamant et leur importance actuelle.

La découverte du diamant dans l'Afrique du Sud remonte à 1867; mais l'exploitation n'a commencé sérieusement qu'en 1870; en 1872, à Kimberley, certaines concessions ou *claims* de 31 pieds sur 31 pieds, atteignaient déjà une valeur commerciale de 3,000 à 100,000 francs, justifiée par ce fait que, certains travailleurs avaient fait fortune en moins d'un mois; on en cite un qui trouva en 15 jours pour plus de 250,000 francs de diamants.

De 1871 à 1875, la production des mines de diamant au Cap a dû monter à environ 31 millions de carats, correspondant à une valeur d'au moins 900 millions de francs; ce poids représente plus de 6 tonnes de diamants bruts.

Il y a cinq gisements principaux exploités sérieusement; celui de Kimberley seul compte sept Compagnies importantes, sans parler d'autres plus petites.

Certains gisements sont assez riches pour fournir 2 1/2 et 3 carats par

mètre cube de terrain diamantifère ; on a même constaté la teneur de 5 carats. Or, le carat vaut 30 à 35 francs.

L'exploitation s'est d'abord faite à ciel ouvert, mais elle tend de plus en plus, à mesure de l'approfondissement, à devenir souterraine.

La grave question est celle de l'eau nécessaire pour le lavage des terres ; on a dû faire des travaux considérables ; ainsi, les quatre grandes mines du Griqualand-West ne comptent pas moins de 376 machines à vapeur, représentant plus de 4,000 chevaux, dont 119 machines pour le lavage. La consommation de combustible de ces machines s'est élevée, pour 1882, à 15 millions de francs. Ce combustible était d'abord du bois, lequel étant hors de prix, est actuellement remplacé par du charbon anglais qui ne revient pas à moins de 250 francs la tonne rendu à Kimberley. Aussi l'eau a-t-elle valu jusqu'à 14 francs le mètre cube ; elle se délivre aujourd'hui, au prix de 3 fr. 70 le mètre cube.

Il est certain que l'établissement du chemin de fer, notamment entre Kimberley et la rivière Orange, aura une immense importance.

La main-d'œuvre est également très chère ; les négres se payent de 31 fr. 25 à 37 fr. 50 par semaine pour 5 3/4 journées de travail, et les ouvriers blancs de 150 à 200 francs par semaine.

Exposé des **Résultats de l'enquête** concernant l'âge et la durée du service des mineurs, par M. O'Keller, Ingénieur en chef des Mines.

Résistance du sel gemme aux efforts de compression et conséquences au point de vue de l'exploitation du sel en roches, par M. Tournaire, Inspecteur général des Mines.

Des essais faits sur des cubes ont donné une résistance moyenne à l'écrasement de 393 kilogrammes ; on voit que sous ce rapport le sel gemme est comparable aux très bonnes pierres calcaires.

Ces échantillons avaient été pris dans la masse exploitée, ils provenaient des mines de Meurthe-et-Moselle, Saint-Nicolas et Varangeville ; les parties près du mur avaient moins de résistance.

On peut conclure que la charge des piliers ne doit pas dépasser 200 kilog. par centimètre carré ; or, si la pesanteur spécifique des terrains recouvrant le gîte est estimée à 2. 2. et si les pleins occupent le quart de la surface, cette pression se manifesterait à 225 mètres de profondeur.

Il faut de plus remarquer que l'emploi systématique de l'eau en grande quantité, lancée en jets vigoureux pour creuser les entailles préliminaires de l'abatage, est incompatible avec la conservation des cavages souterrains, comme l'a démontré l'effondrement de la mine de Saint-Nicolas survenu en 1873.

3me livraison de 1885.

Gisements de phosphate de chaux du centre de la France, par M. DE GROSSOUVRE, Ingénieur des Mines.

Les conclusions pratiques à tirer de cette étude sont d'après l'auteur:

1° Les gisements phosphatés sont très abondants dans la série des terrains rudimentaires; si leur recherche était poursuivie avec méthode, on arriverait, sans aucun doute, à en trouver qui seraient susceptibles d'exploitation dans beaucoup de régions où on ne soupçonne même pas leur existence.

2° Il existe une connexion, sinon absolue, du moins très générale, entre les gisements phosphatés et les horizons ferrugineux ou fossilifères: les recherches doivent donc être dirigées de préférence sur les couches qui offrent l'un et l'autre de ces caractères.

Note sur l'état actuel de la législation des mines au Brésil, par M. A. DE BOUET, ancien élève de l'École nationale supérieure des Mines.

Discours prononcé aux funérailles de M. Lan, Inspecteur général des Mines, directeur de l'École nationale supérieure des Mines, par MM. TOURNAIRE, vice-président du conseil général des mines; DE CHANCOURTOIS, Inspecteur général des Mines, CASTEL, inspecteur général des mines, président de la Société de l'Industrie minérale, LÉVY, DARCY, et général COLONIEU.

Explosion d'une chaudière verticale aux forges d'Eurville. — Le rapport de la sous-commission, composée de MM. Luuyt, Farcot, Haton de la Goupillière, Hirsch et Julien, constate que la chaudière verticale n° 4 qui a fait explosion le 10 novembre 1884, en faisant 55 victimes, (22 morts et 33 blessés), n'avait cessé de donner lieu depuis son installation à des fuites, des ruptures locales et des réparations, symptômes qui dénotent un état instable et sont toujours des présages menaçants.

La cause est l'effet destructif des flammes des fours venant déboucher sur la virole du coup de feu, non protégée, et recevant presque normalement l'attaque des flammes.

A la suite des explosions de Marnaval et d'Eurville, survenues dans des conditions identiques, on doit rappeler que les parties des chaudières situées en face du rampant doivent être protégées par l'établissement d'un rampant en maçonnerie, éloigné de 8 à 10 centimètres de la surface des tôles; que les matériaux de la chaudière, pour les parties les plus

exposées aux flammes, doivent être de premier choix ; qu'il est bon d'employer pour les parties sujettes à de brusques variations de dilatation et de contraction des clouures à deux rangs de rivets. Il faut ajouter à ces précautions une alimentation autant que possible continue et l'adjonction sur la chaudière de clapets de retenue automatiques pour isoler les corps de chaudières les uns des autres.

Ces diverses conditions n'étaient pas remplies dans la chaudière qui a fait explosion à Eurville.

Législation des mines au Japon, par M. AGUILLON, Ingénieur en chef des Mines.

Note sur le **grillage de la blende**, par M. MAHLER, Ingénieur civil des Mines.

Cette note donne la description des fours silésiens d'Oberhausen et d'Ammeberg, des fours Hasenclever et des fours à râblage rotatif, également employés à l'usine d'Oberhausen qui appartient à la Société de la Vieille-Montagne.

Théorie des **appareils employés au lavage des matières minérales**, par M. BADOUREAU, Ingénieur des Mines.

L'auteur expose que les cuves de lavage, les appareils à courant ascendant, les airs de lavage, les tables à secousses, les tables de Rittinger, les cribles à piston, le laveur hydraulique Bazin, etc., reposent tous sur le principe suivant : une grenaille placée dans de l'eau en repos ou en mouvement, soit au milieu du liquide, soit sur un fond solide, décrit un mouvement différent, selon sa grosseur et sa densité. On arrive donc à séparer les grenailles d'après leur densité, à la condition de ne traiter simultanément que des grenailles à peu près d'égale grosseur.

Le mémoire examine successivement les questions suivantes : chute dans de l'eau en repos ; chute dans de l'eau animée d'une vitesse horizontale ; chute d'une grenaille placée en repos à une petite hauteur au-dessus d'une table horizontale dans un faible courant d'eau ; mouvement communiqué sur une table par un courant d'eau ; mouvement communiqué dans l'eau sur une table par une secousse ; mouvement communiqué par de l'eau coulant sur une table inclinée, avec ou sans secousse ; stratification des grenailles sur un tamis par les impulsions de l'eau et, enfin, mouvement dans un vase sphérique plein d'eau et tournant autour d'un axe vertical.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 36. — 5 septembre 1885.

Assemblée générale de l'Association à Stettin, le 16 août 1885.

Fonçage de puits dans les terrains mouvants par le procédé Haase, par G. Köhler.

Modification du tube de Pitot, par le Dr E. Gieseler.

Action du blanchiment sur la résistance des tissus de lin, par Ernst Müller.

Groupe de Saxe. — Appareils de chauffage. — Procédés de mouture des grains.

Patentes.

Bibliographie. — Valeur comparative des fers à double T du type normal allemand en fer et en acier, par L. Tetmajer.

N° 37. — 12 septembre 1885.

Vingt-sixième réunion générale de l'Association à Stettin.

Développement de l'industrie des ciments en Allemagne et méthodes d'essais des ciments, par le Dr Delbrück.

Progrès de la construction des navires en fer et en acier en Allemagne et particulièrement à Stettin, par R. Haack.

Le paquebot de la Compagnie Hambourgeoise-Américaine *Rugia*, construit par la Société de construction « Vulcan ».

Réduction des dépenses de combustible des locomotives.

Courbures prises par les ressorts, par M. Westphal.

Patentes.

Bibliographie. — Calcul graphique et statique graphique, par v. Ott. — Ouvrages adressés à l'Association.

N° 38. — 19 septembre 1885.

Vingt-sixième réunion générale de l'Association à Stettin *(fin)*.

Exposition d'industrie et de travail manuel à Görlitz, en 1885, par H. Maihak *(suite)*.

Appareils de levage à l'Exposition internationale des inventions à Londres, par Ad. Ernst.

Groupe de Breslau. — Procédé Becker pour la cuisson des aliments au bain-marie. — Système Stellwerck pour l'épuration préalable des eaux d'alimentation des chaudières. — Moteur Lilienthal.

Patentes.

Variétés. — Papier de cellulose.

N° 39. — 26 *Septembre* 1885.

Expériences sur une machine Corliss au Creusot, par S. Nimax.

Exposition d'industrie et du travail manuel à Goerlitz, par H. Maihak, (*suite*).

Chauffage et ventilation. — Chauffage et ventilation de l'École Monge à Paris. — Hôpital de Langensalza. — Rafraîchissement des locaux fermés.

Groupe de Bavière. — Fabrication de la pâte de bois.

Groupe de Saxe. — Emploi de l'électricité pour le contrôle de la marche des trains, des températures et des phénomènes à retour périodique. — Manchons à embrayage. — Travail d'aspiration des pompes à air des machines à condensation.

Patentes.

Correspondance. — Expériences de vaporisation. — Poutres en fer et en acier.

Bibliographie. — Géométrie descriptive et projections, de Peschka.

N° 40. — 3 *Octobre* 1885.

Influence de la position de l'indicateur sur le cylindre d'une machine, sur les diagrammes obtenus, par F. Frese.

Machines à travailler le bois.

Congrès de la navigation intérieure à Bruxelles.

Groupe de la Ruhr. — Acier coulé.

Patentes.

Bibliographie. — Emploi de la méthode des moindres carrés en géométrie, par C. Koppe. — Emploi du gaz, pour le chauffage, la cuisine et les usages industriels, de J. G. Wobbe.

Variétés. — Emploi des tuyaux en fonte asphaltés pour conduites d'eau.

N° 41. — 10 *Octobre* 1885.

Exposition industrielle de Gorlitz en 1885, par H. Maihak, *(suite)*.

Établissements d'instruction dits « Realgymnasien », par le Dr G. Holzmüller.

Réduction d'épaisseur des tubes de chaudières par l'emploi de l'acier.

Groupe de la Ruhr. — Filature et tissage de coton de O. Boninger, à Duisburg. — Portes d'écluses du bassin de Duisburg.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Usine métallurgique de Thale.
Patentes.

Correspondance. — Expériences sur une machines Corliss du Creusot.

Bibliographie. — Recueil de problèmes de mécanique analytique, par F. Kraft. — Formules, tables et croquis pour l'étude des projets de machines, par O. Grove. — Ouvrages adressés à la Rédaction.

N° 42. — 17 *Octobre* 1885.

Exposition d'Anvers, par Herm, Fischer.

Exposition industrielle de Gorlitz, en 1885, par H. Maihak *(fin)*.

Contrôle de la vitesse des trains de chemins de fer, par C. Finck.

Chemins de fer. — Barrières de passages à niveau.

Métallurgie. — Expériences avec un haut fourneau presque cylindrique.

Électro-technique. — La première station centrale pour l'éclairage électrique de Berlin.

Groupe de Francfort. — Fabrique de glace de Francfort.

Groupe de la Ruhr. — Qualités des matériaux réfractaires et leur emploi dans la métallurgie.

Patentes.

Bibliographie. — Travaux préliminaires pour la distribution d'eau de Mannheim, par O. Smreker.

N° 43. — 24 *Octobre* 1885.

Exposition d'Anvers, par Herm. Fischer *(suite)*.

Expériences sur la chaudière à soude de Honigmann, par F. Gutermuth.

Groupe de Hanovre. — Procédé Bower Barff pour la préservation du fer.

Groupe de la Ruhr. — Propriétés des matériaux réfractaires et leur emploi dans la métallurgie, *(fin)*.

Patentes.

Bibliographie. — Notes sur les chemins de fer des États-Unis, par J. Brosius, — Ouvrages adressés à la Rédaction.

Variétés. — Comparaison du coût de l'éclairage électrique par incandescence et de l'éclairage au gaz.

Le Secrétaire-Rédacteur.

A. MALLET.

PARIS. — IMPRIMERIE CENTRALE DES CHEMINS DE FER. — IMP. CHAIX, RUE BERGÈRE, 20. — 1435-6.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

NOVEMBRE 1885

N° 11

Sommaire des séances du mois de novembre :

1° Observations de M. Assi sur le procès-verbal de la séance du 16 octobre (séance du 6 novembre, page 537);

2° Lettre de M. Jules Garnier sur son projet de métropolitain (séance du 7 novembre, pages 538 à 540);

3° Lettre de M. J. de Cossigny, au sujet de la communication faite par M. Mallet au nom de M. Colladon, dans la séance du 2 octobre (séance du 6 novembre, pages 540);

4° Lettre de M. Ch. Cotard accompagnant l'hommage à la société de l'ouvrage de M. Laroche, ingénieur en chef des ponts et chaussées, sur *les Ports de commerce* (séance du 6 novembre, page 541);

5° Présentation de M. H. de Matthys, comme membre honoraire (séance du 6 novembre, page 541);

6° Hommage à la Société, par M. Louis Trasenster, de l'ouvrage de son fils, M. Paul Trasenster, intitulé : *Aux États-Unis, notes de voyage d'un ingénieur* (séance du 6 novembre, pages 541 et 542);

7° Communication de M. Berthot sur *les forces mutuelles et leurs applications aux phénomènes mécaniques, physiques et chimiques* (séance du 6 novembre, pages 542 à 547);

8° Communication de M. Hauet, sur *l'Assainissement de Toulon.* — Avant-projet de M. l'ingénieur en chef Dyrion. — (Séance du 6 novembre, pages 547 et 548);

9° Communication de M. Jules Gaudry sur *les Machines marines à l'exposition universelle d'Anvers* (séance du 6 novembre, pages 548 à 550);

10° Note de M. Durupt sur *la catastrophe de Chancelade* (séance du 6 novembre, pages 550 à 553);

11° Observation de MM. de Comberousse, Badois et Gruner, sur la note de M. Durupt (séance du 6 novembre, pages 553 à 555);

12° Lettre de M. Casalonga, relative aux observations présentées par M. Assi dans la séance précédente (séance du 20 novembre, page 556);

13° Communication de M. Guadet sur le *Nouvel Hôtel des Postes de Paris :* partie esthétique et construction proprement dite (séance du 20 novembre, pages 557 à 562);

14° Seconde note de M. Durupt sur *la catastrophe de Chancelade* (séance du 20 novembre, pages 563 et 564);

15° Communication de M. Ch. Cotard sur *les Ports de Commerce en France et à l'Étranger.* Analyse de l'ouvrage de M. Laroche, ingénieur en chef des ponts et chaussées (séance supplémentaire du 27 novembre, pages 565 à 571);

16° Observations techniques de M. Piarron de Mondésir, à propos du mémoire de M. Louis Boudenoot sur la *distribution de la force motrice à domicile, au moyen de l'air raréfié* (séance supplémentaire du 27 novembre, pages 571 à 575);

17° Lettre de M. Mékarski sur le même sujet (séance supplémentaire du 27 novembre, pages 575 à 578);

18° Communication de M. Cerbelaud sur *l'Emploi de la dynamite*

pour le sautage des grosses Mines (séance supplémentaire du 27 novembre, pages 578 à 580);

19° Observations présentées par MM. Chalon, Georges Bianchi, de Cordemoy, Cotard et Cerbelaud, sur la communication précédente (séance supplémentaire du 27 novembre, pages 580 à 585).

Pendant le mois de novembre, la Société a reçu :

1° De M. L. Trasenster, membre honoraire de la Société, un exemplaire de l'ouvrage de M. Paul Trasenster, intitulé : *Aux États-Unis, notes de voyage d'un ingénieur;*

2° De M. Albert Gendebien, ingénieur, un exemplaire de sa note sur *la houille, le grisou, les dégagements instantanés;*

3° De M. A. Hauet, membre de la Société, une *Note sur l'assainissement de Toulon* (avant-projet de M. l'ingénieur en chef Dyrion);

4° De M. Albert Cahen, membre de la Société, deux exemplaires de sa brochure sur la convention internationale pour la protection de la propriété industrielle conclue à Paris entre divers États, le 20 mars 1883;

5° De M. Max Lyon, membre de la Société, un exemplaire d'une *Note sur les chemins de fer du Brésil;*

6° De M. Cotard, membre de la Société, de la part de M. Laroche, ingénieur en chef des ponts et chaussées, un exemplaire de son *Étude sur les principaux ports de commerce européens de la Méditerranée*;

7° De M. de Swarte, ingénieur, un exemplaire de son *Mémoire sur la soupape Barbe et l'appareil de sécurité Delsart contre les explosions des chaudières*;

8° De M. Cerbelaud, membre de la Société, une note sur l'*Emploi de la dynamite pour le sautage des grosses mines;*

9° De M. Cottrau, membre de la Société, un exemplaire de chacune des brochures suivantes : 1° *Le Diretissime Roma-Napoli e la Bitriangolare;* 2° *Sulla Importazione temporanea;*

10° De M. Hallopeau, membre de la Société, deux exemplaires de sa note, sur *le Montage des rotondes de 90 mètres (54 machines) de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée;*

11° De M. Charpentier, membre de la Société, un exemplaire de sa Note sur une *Nouvelle méthode d'analyse volumétrique applicable aux essais des bioxydes de manganèse ;*

12° De M. Gustave Hanarte, membre de la Société, un exemplaire de *sa Notice sur son système de pompe à tuyères paraboliques, convergentes et divergentes.*

Les Membres nouvellement admis sont :

Membre honoraire ;

M. H. DE MATTHYS, présenté par MM. Brüll, de Comberousse et Périssé.

Membres sociétaires :

MM. BÉLIARD,	présenté par MM.	Béliard, Bougault et Sévérac.
CIAMPINI,	—	Duval, Lecœuvre et Pihet.
COISEAU,	—	de Comberousse, Flachat et Hersent.
DE CORDEMOY,	—	Le Brun, Rey et H, Vallot.
DE CLOMESNIL,	—	Carimantrand, Delin et Mallet.
DEJEY,	—	Cerbelaud, B. de Fontvielant et A. Moreau.
DESROSIERS,	—	Bonnaud, Cassagnes et Vivarès.
FRAGNEAU,	—	Degousée, Marseau et G. Petit.
P. JACQUEMART,	—	Brüll, de Comberousse et Péligot.
JOURDAN,	—	Carimantraud, Mallet et Marché.
LECHAT,	—	deComberousse, Taillard et Trasenster.
LAFITTE,	—	de Comberousse, Jambille et Mulat.
MONNIER.	—	Albert Cahen, H. Fontaine et Personne.
NAGELMACKERS	—	de Comberousse, Taillard et Trasenster.
PORTIER,	—	Ermel, Jordan et Wurgler.
RAMBAUD,	—	de Comberousse, Love et Auguste Moreau.

Membres associés :

MM. DUMONT,	présenté par MM.	A. Godillot, E. Muller et Perret.
MAUGIN,	—	Damoizeau, Darnay et Plichon.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE NOVEMBRE 1885

Séance du 6 novembre 1885.

Présidence de M. de Comberousse

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. le Président demande s'il n'y a pas d'observations sur le procès-verbal de la séance du 16 octobre.

M. Assi désire dire un mot à ce sujet.

M. le Président. M. Assi a la parole.

M. Assi. Dans la réponse de M. Casalonga, consignée au procès-verbal, il est dit que je n'ai peut-être pas suffisamment remarqué que l'article de la Convention relatif à l'introduction des objets brevetés et fabriqués à l'étranger, vise surtout les étrangers. Ce n'est pas tout à fait exact. Il faut indiquer, au procès-verbal, qu'il n'y a aucune distinction établie entre les inventeurs français et les inventeurs étrangers; ce n'est pas une faveur faite aux inventeurs étrangers plutôt qu'aux inventeurs français.

M. Casalonga pensait qu'il serait difficile aux tribunaux de se prononcer : ces difficultés n'existent pas, puisque l'article de la Convention ne fait aucune distinction entre les inventeurs français et les inventeurs étrangers. Le texte que l'on a donné de la loi française dans la communication de M. Simon n'a pas été donné tout à fait exactement. Cet article de la loi de 1844 a été modifié en 1856, et la loi de 1856 ne distingue pas entre Français et étrangers; on était obligé de demander la permission au ministre, qui ne l'accordait que difficilement, tandis qu'aujourd'hui on ne la demande plus, mais les Français sont également sur le même pied que les étrangers.

M. le Président. Ces observations de M. Assi seront consignées dans

le prochain procès-verbal. Sauf ces observations, le procès-verbal est adopté.

— Nous avons le chagrin d'avoir à annoncer à la Société le décès d'un trop grand nombre de nos collègues.

Nous avons perdu, comme vous le savez, M. Victor Forquenot, ingénieur en chef du matériel et de la traction du chemin de fer d'Orléans. Ce n'est pas ici qu'on peut avoir à faire l'éloge de M. Forquenot, qui a été plusieurs fois vice-président de la Société, et qui aurait été président s'il avait bien voulu accepter les suffrages de ses collègues. Il a fait ensuite, pendant longtemps, partie de notre comité. On connaît ses travaux remarquables sur les locomotives et sur tout ce qui touche à l'organisation des chemins de fer. Il sera regretté de tous les collègues qui ont eu des rapports avec cet éminent ingénieur.

Nous avons perdu aussi M. Mesmer, directeur de l'usine de Graffenstaden; M. Courmerie, ancien élève de l'Ecole centrale, promotion de 1837, fabricant de papier à Prouzel (Somme) ; M. Parlier, ancien élève de l'Ecole centrale, promotion de 1857; M. Schaller, ingénieur de la marine impériale et royale d'Autriche; enfin, M. Hermann Lachapelle, membre associé, dont le type de machine à vapeur est bien connu et a rendu de grands services.

Notre collègue, M. Doat, a été nommé chevalier de l'ordre de Léopold.

M. LE PRÉSIDENT signale, dans la correspondance, des lettres intéressantes de nos collègues.

D'abord, une lettre de M. de Cossigny au sujet de la communication faite dernièrement par M. Mallet au nom de M. Colladon, et indiquant qu'il n'a voulu en quoi que ce soit toucher aux travaux de M. Colladon, qu'il admire et pour lequel il a beaucoup d'affection et de vénération.

Ensuite, une lettre de M. Jules Garnier à propos de son projet de Métropolitain.

La Société se rappelle que M. J. Garnier a développé ici avec grand talent son projet de Métropolitain à travers Paris; il a étudié la question sur de nouvelles bases et a cherché à diminuer les inconvénients que pouvait présenter l'exécution de son projet. La bienveillance que la Société lui a montrée, lui a fait un devoir de nous écrire et d'indiquer la nouvelle voie dans laquelle il a pensé qu'il fallait entrer.

M. LE PRÉSIDENT fait donner lecture de la lettre de M. de Cossigny et de celle de M. Jules Garnier.

Lettre de M. Jules Garnier.

« Monsieur le Président et cher Collègue,

» Les discussions de mon projet de chemin de fer métropolitain devant la Société des Ingénieurs civils ont établi, je crois, que si l'on peut reprocher à cette solution d'augmenter le *bruit* dans les rues où il passerait et de nuire à l'*aspect* général des voies qui seraient suivies, elle présente, par ailleurs, des avantages indiscutables, par exemple : *Exécution rapide.*—

Connaissance exacte de la dépense pour l'installation.—Frais de construction assez réduits pour qu'il n'y ait pas besoin, au moins dans une mesure importante, de recourir aux garanties de l'Etat.

» Toutefois, préoccupé des critiques ci-dessus et voulant en tenir compte, j'ai entrepris l'étude d'un nouveau projet qui n'a certainement pas la même simplicité que le premier, bien qu'il puisse remplir sur différents points, les *desiderata* du public. Les éléments dont il faut tenir compte dans ce projet sont nombreux, son étude complète exigera beaucoup de temps, aussi n'est-ce que le principe sur lequel il repose que je vais avoir l'honneur d'exposer :

» On peut considérer la ville de Paris comme composée d'une série d'îlots dont la plupart sont limités sur leurs pourtours par des rangées de maisons en façade sur les rues, pendant que l'intérieur de l'îlot comprend des bâtiments d'une importance secondaire, des cours et des jardins. Il résulte de cette disposition générale qu'on peut emprunter à un îlot quelconque, une bande étroite de terrain dont la valeur ne serait élevée qu'à l'entrée et à la sortie de l'îlot. — Se basant sur ce fait, on voit la possibilité, par une patiente étude, faite sur une carte très détaillée de Paris, d'arriver à tracer des voies, parfois un peu sinueuses, qui n'entraîneront qu'une série d'expropriations relativement peu coûteuses. — En somme, les voies à tracer seraient commandées par l'économie dans les frais d'expropriation, l'assainissement de certains quartiers, et non point absolument par l'idée de se rendre d'un *terminus* à un autre par le plus court chemin possible. — Ces voies, tout en se tenant à proximité des artères principales, assainiront, animeront et embelliront les quartiers négligés.

» Tels sont les principes suivant lesquels je me propose de faire les tracés du réseau métropolitain dans Paris.

» Reste maintenant le système de viaduc à employer et voici celui que je compte adopter.

« Considérons d'abord que les difficultés de tracé et les frais d'expropriation diminueront dans une proportion considérable à mesure que l'on pourra réduire davantage la largeur de la bande de terrain exigée pour le passage du viaduc ; il est donc d'importance majeure, au point de vue économique, que le viaduc soit aussi étroit que possible : dans ce but, je me propose d'employer deux plates-formes superposées, portant généralement deux voies à la partie supérieure et deux voies à la partie inférieure. Ces plates-formes auront 8 mètres environ de largeur et seront en maçonnerie partout où ce sera nécessaire.

» Ce viaduc se présentera de trois façons principales, suivant les trois cas suivants : 1° traversée des rues ou des places publiques ; 2° traversée de maisons de façade des différents îlots limités par les rues ; 3° traversée des cours et jardins situés à l'intérieur des îlots de maisons. Examinons ces trois cas ;

1° *A la traversée des rues et des places publiques*, on sera en présence

d'un viaduc à deux plates-formes superposées, bien ajourées et dont l'architecture sera en harmonie avec celle qui caractérise le quartier lui-même.

» 2° *A la traversée des façades des îlots de maisons*, les plates-formes conservant leur même section, seront bordées latéralement par des murs qui se trouveront mitoyens avec les immeubles adjacents, disposés pour la circonstance; de la sorte, la voie inférieure sera en tunnel, pendant que la voie supérieure sera, soit à ciel ouvert, soit même en tunnel, suivant que les côtés des voies, par rapport à la hauteur de l'immeuble traversé, permettront l'un ou l'autre; enfin, l'espace vide compris entre deux piles inférieures successives, communiquera avec les immeubles en bordure et sera utilisé, suivant le cas, comme magasin, cave, etc.

3° *A la traversée des cours et jardins de l'intérieur des îlots de maisons*, les deux plates-formes superposées s'élèveront à l'air et à la lumière et les espaces libres au-dessous de la plate-forme inférieure seront utilisés comme remises, écuries, logements à bon marché, ateliers, etc.

» Ce viaduc ne sera qu'une succession de tunnels aériens de faible longueur, alternant avec des parties ajourées, d'une architecture simple dans l'enceinte des îlots de maisons et plus recherchée à la traversée des rues, des places, et des carrefours.

» Tel est, en substance, Monsieur le Président, le projet que j'ai commencé à étudier dans ses détails et qui me semble réunir des éléments sérieux de succès. La bienveillance avec laquelle la Société a accueilli mes premiers travaux sur le même sujet, me faisait un devoir de lui adresser et de soumettre à sa haute appréciation, cette autre manière de comprendre le chemin de fer métropolitain de Paris.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de mes sentiments les plus distingués.

JULES GARNIER.

Lettre de M. J. de Cossligny.

« Monsieur le Président,

» M. Mallet, rendant compte d'un livre, a soulevé la question d'une catégorie d'appareils dont l'auteur avait omis de parler. Cela m'a remis tout naturellement en mémoire les travaux intéressants de M. Taurines et je suis parti de là pour les rappeler. Mais il faut que ma plume ait bien mal rendu ma pensée intime pour qu'on ait pu voir, dans la tournure de phrase dont je me suis servi pour entrer en matière, l'intention d'une critique à l'égard de qui que ce soit.

» Toute idée de comparaison peu obligeante était d'autant plus loin de moi, que M. Mallet, bien que je n'aie pas l'honneur de le connaître personnellement, s'est acquis toutes mes sympathies par ses communications, que je lis en général avec un intérêt tout particulier. Et quant à M. Colladon, personne ne peut avoir plus que moi, de vénération pour

son caractère et sa personne, et d'admiration pour ses nombreux travaux.

»Veuillez bien m'excuser, Monsieur le Président, si je vous importune en revenant sur un incident de peu d'importance, et agréer l'assurance de ma considération distinguée et dévouée.

» J. DE COSSIGNY.

» NOTA.—Si ma lettre est tardive c'est que le compte rendu de la précédente séance ne m'est parvenu qu'après que la suivante avait eu lieu.»

M. LE PRÉSIDENT fait part à la Société de la lettre suivante de notre collègue, M. Cotard.

« Monsieur et cher Président,

» M. Laroche, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a bien voulu me charger d'offrir à notre Société un exemplaire de son Etude sur les ports de commerce qui vient d'être publiée, par ordre du ministère des Travaux publics, à l'Imprimerie nationale.

» Je vous adresse cet intéressant ouvrage en vous exprimant le désir d'en présenter moi-même un compte rendu à une de nos prochaines séances.

» Veuillez agréer, Monsieur et cher Président, l'assurance de mes sentiments les plus dévoués.

» CH. COTARD. »

M. LE PRÉSIDENT. Nous sommes très heureux de la promesse que nous fait M. Cotard de nous présenter un compte rendu de l'ouvrage de M. Laroche.

M. Durupt, notre collègue, présent à la séance, nous écrit également qu'il s'est trouvé à même de visiter, samedi dernier, les carrières de Chancelade après la catastrophe qui vient d'avoir lieu, qu'il a recueilli sur place des notes intéressantes, et qu'il se met à notre disposition pour nous les communiquer.

Si nous avons quelques instants à la fin de la séance, nous donnerons volontiers la parole à M. Durupt que nous devons remercier de la hâte qu'il a mise à nous apporter ces renseignements.

M. LE PRÉSIDENT demande la permission de présenter à la Société, au nom du comité, comme membre honoraire, M. H. de Matthys président actuel de l'Association des Ingénieurs sortis des Ecoles spéciales de Gand.

M. H. de Matthys, ingénieur-directeur des ponts et chaussées de Belgique, auteur des projets d'installation maritime d'Anvers, dont il a suivi l'exécution dans tous ses détails, nous a témoigné, lors du dernier voyage de la Société, la plus cordiale effusion. Il semble que la France soit sa seconde patrie. Nous ne pouvons mieux exprimer notre reconnaissance à cet éminent ingénieur qu'en lui conférant la plus haute distinc-

tion dont puisse disposer la Société. Son élection aura lieu dans notre seconde séance après celle-ci, c'est-à-dire le 27 novembre prochain.

M. LE PRÉSIDENT signale enfin, parmi les ouvrages reçus par la Société, un volume qui nous est envoyé par M. Louis Trasenster, membre honoraire de la Société et Président de l'Association des Ingénieurs sortis des Ecoles spéciales de Liège, qui nous a si bien accueillis en Belgique.

Ce volume, intitulé : *Aux États-Unis, notes de voyage d'un ingénieur*, a pour auteur son fils, M. Paul Trasenster. Je l'ai parcouru avec un vif plaisir. Celui qui l'a écrit est certainement un esprit primesautier, qui voit vite et bien, et a encore cette charmante bonne foi de la jeunesse qui met la vérité au-dessus de tout. Ces pages rapides, tracées le soir avant l'heure du repos ou, le plus souvent presque au moment même de l'impression éprouvée, sont pleines de renseignements utiles et intéressants, donnés avec une pointe d'humour qui ne gâte rien. Tous les membres de la Société y trouveront à glaner.

On verra plus loin l'indication des autres dons faits à la Société.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Berthot sur les *forces mutuelles et leurs applications aux phénomènes mécaniques, physiques et chimiques*. La parole est à M. Berthot.

M. BERTHOT ne présentera à la Société qu'un résumé de son mémoire qui doit être publié au Bulletin.

On connaît l'hypothèse généralement admise de la *porosité* des corps c'est-à-dire de forces attractives et de forces répulsives agissant à distance. En partant de cette hypothèse, nous avons pu déterminer une fonction représentée par une courbe fort simple, dans laquelle nous avons retrouvé la plupart des lois de la Physique générale.

Si nous supposons deux masses m et m' liées entre elles dans la direction de l'axe des x par une force qui tende à les amener au contact, et si nous interposons entre ces deux masses une autre force agissant en sens contraire et empêchant ce même contact, il s'établira un état d'équilibre pour une distance d que nous appellerons *distance moléculaire*.

On peut matérialiser ce système en réunissant deux billes d'ivoire avec un ressort pouvant les amener au contact l'une de l'autre et en interposant entre elles un autre ressort empêchant ce contact.

Si nous représentons par $F(x)$ la résultante inconnue de ces ressorts pour une distance quelconque x des masses m et m', cette fonction devra :

1° Être proportionnelle au produit des masses m et m', afin de tenir compte de leur action réciproque;

2° S'annuler pour $x=d$, c'est-à-dire avoir pour racine algébrique $d-x$: nous pourrons donc écrire :

$$F(x) = mm'(d-x)\varphi(x)$$

Si maintenant nous supposons que l'action de la résultante au lieu d'être tranmise aux masses par des ressorts, le soit dans l'espace au moyen d'intermédiaires tout égaux et parfaitement élastiques, ces organes

de transmission se répartiront également entre eux et par couches concentriques le travail réel ou virtuel des masses m et m'. En conséquence, ces masses s'actionneront mutuellement en raison inverse du nombre d'intermédiaires contenus dans une sphère ayant la distance x pour rayon; nous sommes donc autorisés à écrire :

$$\varphi(x) = \frac{\psi(x)}{\frac{4}{3}\pi x^3}$$

d'où

$$F(x) = mm' \frac{d-x}{\frac{4}{3}\pi x^3} \psi(x).$$

Nous ne pouvons plus maintenant que faire des hypothèses successives sur $\psi(x)$, et rechercher celle de ces hypothèses qui donnera des résultats conformes aux lois de la physique.

Commençons par la plus simple, c'est-à-dire par $\psi(x) = \textit{Constante}$, nous aurons la formule empirique :

$$(1) \qquad F(x) = K mm' \frac{d-x}{x^3}.$$

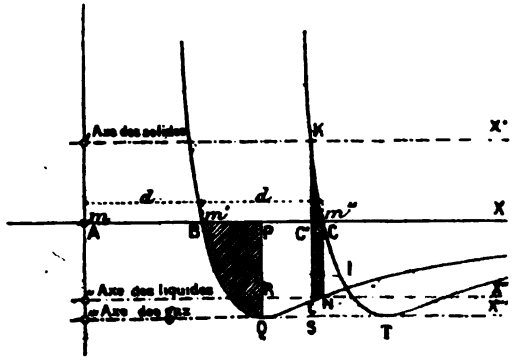
Dans deux notes qui ont eu les honneurs de l'impression dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences, nous avons fait l'étude analytique de cette fonction et en avons déduit mathématiquement les huit conséquences suivantes dont les calculs sont reproduits dans les notes jointes à notre mémoire. Voici les énoncés de ces huit conséquences :

I. La fonction représente la différence d'une hyperbole du 4e degré et d'une hyperbole du 3e. Si on construit la courbe (fig. 1) en bornant l'examen aux valeurs des x positifs, on obtient un tracé dans lequel les valeurs positives de y donnent la force répulsive et les valeurs négatives la force attractive. La courbe part de $y = +\infty$ pour $x = o$, coupe l'axe des x pour $x = d$, présente un minimum quand $x = \frac{3}{2} d$ et un point d'inflexion pour $x = 2d$; puis les valeurs de y continuent à être négatives, la force restant attractive, et l'on a $y = o$ pour $x = \infty$.

II. La somme des travaux de la force répulsive depuis $x = \frac{d}{2}$ jusqu'à $x = d$ est égale à la somme des travaux de la force attractive depuis $x = d$ jusqu'à $x = \infty$.

III. Si on considère trois molécules égales m, m' et m'' placées originairement sur une même droite, à une distance d l'une de l'autre, la molécule m'', sollicitée par l'action attractive de m, ne pourra rester

en équilibre et se rapprochera de m' ; mais l'action répulsive de m' sur m'' se développera, et m'' atteindra une position d'équilibre en un point C′ tel que C′K = C′L. Remarquons qu'il se sera produit dans ce cheminement un travail négatif représenté par la surface C′CK et un travail positif beaucoup plus considérable représenté par la surface C′CLN. Par conséquent, pour ramener la molécule dans sa position primitive d'équilibre, il faudra lui fournir un travail représenté par la surface CLN, la ligne courbe CL étant symétrique de la ligne CK.



IV. La sommation des forces attractives agissant sur m'', en supposant une file indéfinie de molécules placées à gauche de cette même molécule m'', donne une quantité *finie*, correspondant à une valeur BC″ = 0,73173... d (maximum de contraction possible).

V. Si on prend successivement un nombre de molécules

1.	2.	5.	10.	20.	40.	∞

On trouve pour la contraction :

1.	0,90	0.80	0,77	0,75	0,74	0,73

qui correspond à une somme de forces attractives.

0.	0,137	0,391	0,504	0,592	0,631	0,688

Il suffit donc de considérer, au point de vue graphique, un petit nombre de molécules pour pouvoir déterminer les lois résultant de l'action d'un nombre infini de molécules placées en ligne droite et, en vertu de la conséquence VII, celle d'un corps solide.

VI. Si on considère une file de molécules s'étendant indéfiniment à gauche d'une molécule m'', il existe à droite de cette molécule et sur la même ligne droite un maximum d'attraction situé à une distance 0.4699... d. Cette proposition étant étendue aux corps solides, par la conséquence VII, on doit considérer les corps solides comme entourés d'une auréole attractive.

VII. L'action d'un corps quelconque formé de files de molécules parallèles à trois plans données sur une molécule extérieure M, peut être

remplacée par celle d'une file de molécules passant par M et perpendiculaire à l'un des plans. Elle donne, en outre, deux composantes dirigées suivant des perpendiculaires aux autres plans. Ces composantes s'annulent dans le cas où les trois plans sont perpendiculaires entre eux, et, si, en même temps, $m = m'$.

VIII. d (distance d'équilibre moléculaire) est une Constante de la Nature, c'est-à-dire a la même valeur pour tous les corps.

Ces préliminaires étant établis, M. Berthot passe à la discussion de la formule, en distinguant d'abord deux cas : 1° celui où m et m' n'ont pas de vitesse initiale ; et 2° celui où ces masses ont des vitesses initiales.

1er cas : si d est négligeable par rapport à x, on peut écrire :

$$F(x) = Kmm' \frac{\left(\frac{d}{x} - 1\right)}{x^2} = -\frac{Kmm'}{x^2},$$

formule qui donne la *loi de Newton* avec toutes ses conséquences, et parmi celles-ci les lois de *la pesanteur*.

Si d n'est pas négligeable, on peut faire deux hypothèses :

1° On ne tient pas compte des valeurs relatives de m et de m' ;

2° On tient compte de leur valeur relative.

1° Après avoir établi que les changements d'états correspondent aux changements de coordonnées indiqués sur la figure, M. Berthot trouve aussi un grand nombre de lois relatives aux corps solides, liquides et gazeux ; parmi celles-ci, nous citerons les chaleurs latentes des solides représentées par la surface C L N, celle des gaz par la surface B P Q, l'élasticité des solides par la courbe K T, celle des liquides par la ligne brisée N I T, et enfin celle des gaz (proportionnelle aux efforts) qui donne dans le cas des pressions la loi de Mariotte, et dans le cas des extensions, la constance de α coefficient de dilatation ;

2° Remarquant qu'on ne peut faire m ou m' égale zéro sans annuler la fonction, il s'ensuit que celle-ci définit les corps par le produit de deux masses et par la représentation des forces attractives et répulsives qui s'exercent entre elles. D'autre part, la valeur de d étant constante, on en déduit la loi d'Ampère et d'Avogrado, c'est-à-dire que tous les gaz simples, sous les mêmes températures et les mêmes pressions, renferment le même nombre d'atomes et que ceux-ci doivent être représentés par deux volumes.

Prenant ensuite deux corps $KM^2 \frac{d-x}{x^3}$ et $Km^2 \frac{d-x}{x^3}$ et appelant F l'action de M sur m augmentée ou diminuée des forces extérieures, il peut arriver que F soit en même temps plus petite que la somme des forces attractives des molécules M et plus petite ue celle des molécules

m. Dans ce cas, on a des actions de contact, et, comme en vertu de la conséquence V, on peut, sans erreur sensible, considérer la somme des forces attractives comme indépendante de l'épaisseur des corps, on retrouve toutes les lois de la capillarité calculées par Laplace.

Si F est plus petite que la somme des forces attractives des molécules M et plus grande que celle des forces attractives de m, les liaisons des molécules de ce corps seront détruites, et tout se passera comme s'il était devenu à l'état liquide. M. Berthot se sert de cette remarque pour déterminer les principales lois des phénomènes de dissolution et de cristallisation.

Enfin, si F est plus grande que la somme des forces attractives de M et de m, les liaisons de ces deux corps sont rompues et il se forme deux molécules d'un corps défini par une nouvelle formule $KMm\frac{d-x}{x^3}$. C'est un phénomène chimique, et la discussion donne les lois des proportions multiples, des volumes, de la thermochimie, etc.

Passant ensuite à l'examen des chaleurs spécifiques, l'auteur, par un calcul que l'on trouvera reproduit *in extenso* dans son mémoire, établit la loi de Dulong et Petit, et fait remarquer que le résultat indique que le produit des poids atomiques des corps simples, solides et liquides, par leur chaleur spécifique est à peu près constant, et que celui du poids atomique des gaz par leur chaleur spécifique doit être un peu plus grand que la moitié de celui des solides et des liquides. Il appelle l'attention sur ce fait, conforme à l'expérience dont, suivant lui, aucune théorie n'avait donné l'explication jusqu'à ce jour.

2e cas. — m *et* m′ *ont des vitesses initiales.*

Ramenant ce cas à celui où la masse m' seule serait animée d'une vitesse relative, par rapport à la masse m considérée comme fixe, M. Berthot suppose successivement que cette vitesse est d'abord dirigée dans le sens de la droite mm', puis obliquement à cette direction. Il se propose de faire ultérieurement l'examen complet de la première hypothèse, se contentant de donner l'équation du temps employé pour le parcours d'un espace x et l'expression générale de la vitesse. Comme application, il en déduit la vitesse du son dans l'air pour laquelle il trouve, avec une approximation en moins, provenant d'un terme négligé, 326m,26 à 0° au lieu de 331m,13, résultant des expériences des Membres du bureau des longitudes.

Dans le cas où la vitesse est oblique à la direction mm', on trouve pour équation polaire de la trajectoire $\rho\left(1+\alpha\cos\sqrt{c}\,\omega\right)=\beta$ dans laquelle $\sqrt{c}=\sqrt{1+\frac{Kmd}{K'^2}}$, K′ étant l'aire décrite dans l'unité de temps.

Si on néglige d, cette équation représente une section conique du second degré et on retrouve les lois de Képler.

Si d a une petite valeur, la courbe présente un phénomène analogue à celui de la précession.

Enfin si d a une valeur importante, on se trouve dans le cas de vibrations interparticulaires qui correspondent aux vibrations lumineuses et calorifiques.

Se basant sur les expériences de M. Janssen, M. Berthot considère l'œil comme un appareil analyseur, insensible aux vibrations longitudinales. Il retrouve ainsi toutes les formules de la théorie de la lumière conformément à la théorie des ondulations, puis il revient aux idées de Cauchy sur la propagation de la chaleur par les vibrations longitudinales. Il démontre qu'avec le mode de vibrations provenant de sa formule, la chaleur peut se polariser et éprouver la double réfraction. On sait que c'étaient ces deux derniers faits qui avaient fait repousser la théorie de Cauchy.

L'auteur conclut en disant que sa formule, n'étant que l'expression d'une force, ne peut jamais être en désaccord avec les lois de la mécanique générale, et que, puisqu'un grand nombre de faits (le nombre des lois indiquées dans le mémoire est de quatre-vingts) se passent comme si elle était exacte, on peut la considérer comme une loi synthétique donnant des valeurs plus approchées que les lois qui l'ont précédée.

Il termine en demandant la permission de payer un tribut de reconnaissance à son illustre et vénéré maître, H. Tresca, qui l'a soutenu et encouragé dans son travail ; il tient aussi à remercier MM. de Saint-Venant et Maurice Lévy dont les bienveillantes critiques l'ont aidé à perfectionner son œuvre, ainsi que son ami M. Raoul Costeau, ingénieur civil des mines, ancien élève de l'École polytechnique dont le concours lui a été très précieux. *(Applaudissements répétés.)*

M. LE PRÉSIDENT. Nous remercions beaucoup M. Berthot d'avoir apporté à la Société son travail, certainement extrêmement intéressant, et qui nous semble fort important au point de vue de la philosophie naturelle comme à celui des applications.

M. Tresca, en effet, s'était vivement intéressé au travail de M. Berthot; il en avait conféré avec ses collègues de l'Académie, M. Maurice Lévy et M. de Saint-Venant en particulier; par conséquent, nous pouvons être certains que, sous le rapport analytique, le travail de M. Berthot est un travail extrêmement sérieux. Je ne le mets pas en discussion aujourd'hui ; il faut avoir lu avec beaucoup de soin le travail de M. Berthot pour lui demander des explications et le discuter. Ce travail sera publié en entier dans le Bulletin de la Société, qu'il enrichira. *(Applaudissements.)*

L'ordre du jour appelle la note de M. Hauet sur l'*assainissement de Toulon.* (Avant-projet de M. l'ingénieur en chef Dyrion.) M. Hauet a la parole.

M. HAUET dit que c'est à la suite du choléra de 1884 que M. l'in-

génieur en chef Dyrion fut chargé de dresser un projet d'assainissement de Toulon.

M. HAUET, après avoir donné quelques détails géographiques et historiques sur Toulon, fait connaître, d'après le rapport de M. Dyrion, les coefficients de mortalité de Toulon et les causes d'insalubrité de cette ville.

Il dit que le projet de M. Dyrion peut se résumer ainsi : réunir à l'aide d'une canalisation de faible diamètre toutes les eaux vannes et matières alvines sur un même point de la ville ; installer sur ce point des pompes actionnées par des machines à vapeur puissantes et refouler le liquide jusqu'à la mer, au delà de l'isthme des Sablettes à la pointe de Fabrigas, en utilisant sur le parcours tout ou partie du liquide, dans lequel sont dilués 50 mètres cubes de matières alvines dans 10 000 mètres cubes d'eau, pour l'irrigation des terres.

M. HAUET fait remarquer une certaine analogie du projet de M. Dyrion en ce qui touche la canalisation, l'exclusion des eaux pluviales et les chasses, avec le système du colonel Georges Waring, expérimenté en 1883 à Paris par M. E. Pontzen, membre de la Société.

M. HAUET termine en formulant l'espoir que l'assainissement de Toulon, qui est d'intérêt national, n'attendra plus longtemps sa déclaration d'utilité publique. *(Applaudissements.)*

(Le mémoire de M. Hauet sera inséré *in extenso* dans le Bulletin, avec les croquis nécessaires.)

M. LE PRÉSIDENT. Je remercie beaucoup M. Hauet d'avoir bien voulu nous faire un résumé si net et si clair de l'avant-projet de M. l'ingénieur en chef Dyrion, et j'espère, comme lui, que l'assainissement de Toulon n'attendra pas longtemps, de la nouvelle Chambre qui va se réunir, le vote du crédit nécessaire. C'est une chose indispensable pour le commerce français et nos expéditions lointaines. Nous remercions encore une fois M. Hauet.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Jules Gaudry sur *les machines marines à l'exposition universelle d'Anvers*. M. Jules Gaudry a la parole.

M. JULES GAUDRY. Avant de faire le compte rendu dont m'a chargé M. le Président, j'avais à remplir une mission qui m'a été donnée comme un des doyens d'âge : c'était de provoquer un vote de reconnaissance et de félicitations pour M. de Comberousse, notre président, qui a représenté notre Société des Ingénieurs et la France, avec tant de dignité et un rare bonheur d'expression. A la dernière séance, un autre de nos collègues a déjà provoqué ces remerciements, mais il me sera permis de ne pas me considérer comme dégagé de ma mission et de me faire de nouveau l'interprète de ceux qui ont fait avec nous le voyage de Belgique.

J'ai également des remerciements à demander pour nos secrétaires

et commissaires, pour M. Husquin de Rhéville, pour tous ceux, en un mot, qui ont eu la laborieuse tâche d'organiser nos excursions si bien réussies.

(Le compte rendu de M. Gaudry devant être inséré *in extenso* au Bulletin, il n'en est ici donné que le résumé.)

M. Gaudry appelle d'abord l'attention sur la difficulté d'études qui naît toujours dans une exposition, du défaut de concentration des spécimens d'une même industrie et de leur éparpillement, au contraire, dans les diverses sections du palais et de la multitude de ses annexes.

Si digne d'admiration que soit l'Exposition universelle d'Anvers, elle n'a pas plus que les précédentes, échappé à cette observation, et il faut faire des vœux pour que la commission de la future Exposition de Paris trouve un mode de classement plus favorable à l'étude ; en particulier pour la marine qui a toujours été sacrifiée à cet égard.

A l'Exposition d'Anvers, la galerie des machines contient trois machines marines : deux belges et une de notre collègue Claparède ; plus, également dans la section française, des appareils de machinerie secondaire tels que les treuils de Caillard, du Havre, les gouvernails à servo-moteur de Stapfer, de Marseille, etc... et on pouvait croire d'abord que c'était là toute l'exposition maritime.

Non sans laborieuses recherches, avec le concours de MM. Mallet, Quéruel, de Quillacq et autres collègues, de très intéressants objets d'étude ont pu enfin être trouvés, tout au moins sous forme de plans et modèles dans les sections française, anglaise, allemande, italienne et hollandaise.

M. Gaudry passe en revue les diverses sections internationales, et d'abord la grande machine belge, de Seraing, Compound à trois cylindres sur la même ligne, pour le cuirassé russe le *Tchesma*, d'un travail très soigné, et très bien disposée pour la visite et les soins à donner en marche.

En rappelant la réception si courtoise qui a été faite aux ingénieurs français à Seraing, M. Gaudry insiste sur la tenue merveilleuse des ateliers et sur les institutions moralisatrices et bienfaisantes qui abondent pour le personnel.

Passant à l'Exposition française, dont les produits ont été rarement aussi choisis et aussi libéralement exhibés pour l'instruction publique, M. Gaudry décrit d'abord la grande machine de notre collègue Claparède pour aviso-éclaireur et torpilleur de première classe.

On l'a appelée l'un des *clous* de l'Exposition parce qu'elle se montre avec un grand intérêt tout entière dans toutes ses dépendances, telle qu'elle doit être à bord du navire et parce qu'elle est présentée comme type classique de la marine actuelle en France.

Parmi les nombreux modèles et dessins qui composaient en outre l'expo-

sition Claparède ayant reçu un diplôme d'honneur, M. Gaudry signale les canonnières françaises au Tonkin avec leurs formes étranges et leur tirant d'eau réduit à 50 centimètres : ensuite le torpilleur de haute mer, le *Gagry*, pour la Russie, lequel a fait, par de très mauvais temps, son voyage de Paris à Sébastopol, et se comportait *en bon marin* dit le rapport du commandant.

Parmi les autres torpilleurs de M. Claparède, il faut remarquer le numéro qui a servi de modèle dès 1873, les nos 50 et 52 qui ont donné 20 nœuds passés et le n° 39 qui a atteint près de 21 nœuds, soit la plus grande vitesse réalisée encore en mer.

L'exposition française contient d'autre part les trois modèles de la Société des chantiers de la Loire, savoir : un aviso rapide de la marine militaire, un paquebot de la *Compagnie des chargeurs*, et un de ces puissants yachts de plaisance qui, même en France, constituent aujourd'hui une classe importante de navires.

La Compagnie transatlantique expose aussi le magnifique modèle des nouveaux paquebots, longs de 155 mètres et puissants de 8,000 chevaux, qui vont venir dans sa flotte de 70 navires en addition de la *Normandie* que la Société connaît, mais qui, depuis les retouches faites à Saint-Nazaire devient, de plus en plus, l'un des meilleurs paquebots existants pour la vitesse dans de satisfaisantes conditions de houille consommée.

M. Gaudry passe de même en revue les expositions maritimes de l'Angleterre, de la Hollande et de l'Italie ; celle-ci se caractérisant par des constructions géantes.

Arrivant enfin à l'exposition allemande, M. Gaudry décrit les modèles de ses deux cuirassés, l'un à artillerie concentrée au milieu du navire au-dessus des machines et des chaudières avec leur quatre cheminées ; l'autre au contraire où une nombreuse artillerie est divisée dans tout le bâtiment. Mais les modèles particulièrement intéressants par leur actualité sont ceux des cuirassés construits en Allemagne pour les Chinois, à grande vitesse et à tirant d'eau de 6 mètres, que nos flottes ont eu récemment à combattre.

En terminant, M. Gaudry recommande de ne pas se laisser impressionner par les qualités si remarquables qu'elles puissent être de la marine allemande ou chinoise et de ne pas oublier qu'à Anvers même sont exposés des machines marines et des modèles de navires français qui sont aussi l'expression des derniers progrès de la science navale. (*Applaudissements.*)

M. le Président. Je remercie M. Gaudry de tout ce qu'il a bien voulu nous dire. Il nous a fait faire un voyage autour du monde, tout en restant à l'Exposition d'Anvers. S'il nous a donné des nouvelles un peu inquiétantes de nos voisins, il a heureusement terminé par des éloges et des encouragements à l'adresse de nos constructeurs.

Je demande la permission de remercier aussi M. Gaudry des aimables paroles qu'il a prononcées au commencement de sa communication, et qui s'adressent aussi bien au Président de la Société qu'aux Vice-Présidents,

aux Secrétaires, et aux Sociétaires, qui nous ont aidés à être dignes de la réception que nos hôtes belges ont bien voulu nous faire. Les paroles sympathiques de M. Gaudry s'appliquent à tous ceux qui ont fait le voyage, et on peut les adresser très justement à lui-même, qui est l'un des plus anciens membres de la Société, et qui représente si bien parmi nous l'étude des machines à vapeur et des constructions navales. (*Applaudissements.*)

M. le Président. Comme il nous reste encore un peu de temps, je puis donner la parole à M. Durupt. Comme je l'ai annoncé au commencement de la séance, notre collègue veut bien nous entretenir de la catastrophe de Chancelade et des causes qui ont pu l'amener. M. Durupt a la parole.

M. Durupt. Je ne répéterai pas tout ce qui a été écrit sur la catastrophe de Chancelade; des récits détaillés en ont été faits par les journaux de tout le pays; vous connaissez le grand intérêt porté aux victimes, ainsi qu'aux ouvriers que l'on considère comme existant encore dans les carrières. Je veux seulement décrire l'état des lieux et vous faire connaître le rôle joué par l'administration des mines dans le sauvetage de ces malheureux.

Les carrières bordent la ligne du chemin de fer de Périgueux à Paris, qui les traverse en tranchée.

Il y avait deux carrières : l'une, dite la carrière de Chaigneau vers Périgueux, l'autre, dite la carrière d'Imbert vers le nord. Les carrières étaient exploitées depuis l'année 1847; c'est à cette époque que l'on a tiré de Chancelade les premières pierres pour la construction du pont de Coutras, et depuis, la compagnie d'Orléans a été son meilleur client pour ses ponts et ses gares du réseau central. Les carrières étaient soutenues par des piliers de place en place, qui devaient être assez forts, puisqu'ils ont résisté pendant un certain nombre d'années; ces piliers formaient une espèce de damier et soutenaient le reste de la montagne qui s'élevait de 30 ou 70 mètres au-dessus. Les galeries libres servaient au passage des ouvriers et à celui des wagonnets, pour aller à la carrière en exploitation. Presque toutes les galeries de la carrière Chaigneau étaient transformées en champignonnières.

Vous savez que l'accident s'est produit, il y aura dimanche prochain quinze jours.

Certains piliers trop faibles auront cédé et se seront écrasés; puis une grande partie du poids de la montagne s'est reportée de proche en proche sur ceux plus solides qui avaient résisté jusqu'alors; il s'est produit un affaissement général de la partie qui est en avant vers le chemin de fer et les masses sont venues s'écraser à l'intérieur sur le sol des carrières et en ont fermé toutes les issues, de sorte que, dans la partie nouvellement exploitée, cinq ouvriers qui travaillaient n'ont pas été atteints, on le suppose du moins, mais n'ont pu s'échapper. Aussitôt la panique passée, on chercha le moyen de sauver les victimes, d'abord celles de l'extérieur à l'entrée des carrières, et celles sur la montagne où

les villages et les maisons n'étaient plus qu'un amas de décombres; puis, on songea aux malheureux prisonniers.

Les propriétaires qui exploitent ces carrières et dont ce désastre ruine aussi les intérêts, n'étaient peut-être pas très au courant de ce qu'il y avait à faire pour opérer le sauvetage; ils n'avaient pas d'ailleurs la liberté d'agir, puisque les carrières sont sous la surveillance immédiate et le contrôle du service des mines; ils n'ont donc pu rien faire par eux-mêmes. D'autre part, les ingénieurs des ponts et chaussées et de la Compagnie d'Orléans se sont mis aussitôt au travail du sauvetage des malheureux ensevelis sous les décombres. On est descendu dans les failles, dans les crevasses qui s'étaient produites. L'une d'elles, vers le nord, a la forme d'un triangle de 36 mètres de profondeur, 3 mètres de base au niveau du sol et plus de 50 mètres de longueur en ligne droite; elle est entièrement dans le rocher. Là, il s'est produit au fond une espèce de grotte dans laquelle un ingénieur des ponts et chaussées très hardi a pénétré; c'est non loin de là qu'on a vu sortir de la fumée. On ne sait pas si ce sont les carriers qui ont fait du feu, car ils avaient des matières combustibles et des vivres, ou si c'est un choc qui aurait fait jaillir des étincelles et enflammé des bidons de pétrole qui se trouvaient emmagasinés pour les besoins de l'exploitation. Une autre faille a produit un affaissement de 4 mètres sur une largeur de plus de 15 mètres. Les deux bords sont à pic et laissent voir la terre végétale. Enfin partout le sol bouleversé est traversé de sillons plus ou moins sinueux où la terre s'éboule et près desquels on ne s'aventure qu'avec prudence. — Il y avait ici (comme on peut le voir sur le plan) de petites maisons et plus loin un village qui ont été complètement démolis et dont les habitants sont ruinés. On est resté pendant cinq ou six jours à discuter pour savoir comment on sauverait les malheureux ensevelis. On a d'abord fait venir l'ingénieur en chef des mines de Paris, qui était préposé au contrôle des carrières. Puis le préfet a demandé un inspecteur général des mines, qui a pris à son arrivée la tête du mouvement d'exploration. Ce n'est donc que samedi dernier que l'on a déterminé le point approximatif où, en forant un trou, on avait des chances d'aboutir à la galerie libre que les carriers doivent occuper.

On a commencé le travail de forage qui est exécuté par l'initiative privée. Ce sont des entrepreneurs du pays qui s'en occupent; ils sont arrivés à 26 mètres de profondeur, et ils ont 60 mètres à traverser. L'administration a d'abord fait déblayer les ouvertures de la carrière fermées par d'énormes blocs éboulés, et elle a bien voulu tolérer que les entrepreneurs privés fissent le trou dont je viens de parler, car elle avait en vue un autre procédé. Voici ce qui s'est passé : Un certain nombre de piliers sont restés intacts, dans la partie située vers Périgueux au plus près des voies du chemin de fer, mais par suite de l'éboulement, les vides existant entre les piliers se sont comblés. L'administration a trouvé le

moyen suivant pour aller à la recherche des carriers, qui se trouvent à peu près à 300 mètres de l'entrée de la carrière.

Elle a dit : Nous allons faire un trou à travers ces piliers. (*Rires.*) C'est la vérité absolue; et voici que l'on pratique des ouvertures de 1m60 de large sur 2 mètres de haut dans ces piliers rectangulaires et que l'on diminue par conséquent leur section; or, quand on fut arrivé à 150 mètres, tout s'effondrait, et de nouvelles victimes, parmi lesquelles de hauts personnages, auraient pu être faites. C'était facile à prévoir.

Maintenant on fait avec énergie le déblaiement des orifices et on compte un peu plus sur le trou de sondage ; ce dernier est fait avec des trépans appartenant aux carrières du pays, lesquels ont été réparés par la Compagnie d'Orléans qui en a construit un double. On a mis des tuyaux pour tuber, il y en avait dont le diamètre ne concordait pas, soit avec celui du trépan, soit avec celui du trou déjà fait. Or, si ce travail avait été conduit par des entrepreneurs spéciaux (et vous savez, Messieurs. qu'il n'en manque pas à Paris), on saurait aujourd'hui à quoi s'en tenir.

Voilà à peu près l'état de la question : on est arrivé à 26 mètres de profondeur et on doit aller à 60 mètres au moins.

Il paraît qu'on a entendu hier, en appliquant l'oreille sur les rochers, les carriers frapper; on a la certitude que ces hommes sont vivants ; il n'y a rien d'étonnant à cela, ils ont de l'air, de l'eau, et pour se nourrir des champignons de couche. Ils devaient avoir avec eux quelques vivres; il y a donc lieu de croire qu'ils existent encore, et s'ils ne sont pas sauvés, il sera peut-être permis de se demander si certaines responsabilités ne seront pas pénibles à envisager.

On peut conclure, de la manière dont les travaux de sauvetage ont été dirigés et conduits par le corps administratif, spécialement préposé à la surveillance de ces carrières, que ce n'est que poussé par la force de l'opinion publique, par la pression du sentiment populaire, que les recherches ont été d'abord autorisées, puis ensuite poussées avec une activité louable, mais dont les moyens n'étaient pas tous assez homogènes, ni bien coordonnés.

L'impulsion unique, la direction éclairée et pratique a manqué. — Les outils n'étaient pas parfaits. — Les ouvriers ne connaissaient pas le travail spécial qui leur étaient demandé alors que, dès le jour de la catastrophe, il était facile d'appeler des spécialistes de Paris, qui avec leur engins puissants, leurs hommes habiles auraient pu, à raison de 5 ou 6 mètres par jour, forer un trou et arriver ainsi en 10 ou 12 jours au plus à atteindre les galeries restées intactes où les malheureux ouvriers, hier encore, révélaient leur présence par des coups dont la provenance ne fait aucun doute pour les nombreux témoins qui les ont entendus. —

Le trou une fois percé et la possibilité de passer des aliments aux ouvriers engloutis étant obtenue, le reste n'était plus qu'une question de temps. Le déblaiement des galeries pouvant toujours s'opérer, dût-on

employer pour cela des boisages ou tout autre procédé d'étançonnement, auquel du reste on n'a pas eu recours, ce qui explique l'impossibilité de poursuivre les travaux d'avancement dans les galeries abandonnées aujourd'hui, par suite de nouveaux éboulements provoqués sans doute par l'attaque des piliers qui restaient seuls pour soutenir encore l'énorme masse.

Mais si l'imprévoyance administrative ne peut être mise hors de doute (les carrières avaient été visitées, paraît-il, officiellement il y a un mois à peine), si l'insuffisance et le manque d'unité des moyens employés pour le sauvetage ont été constatés par tous les visiteurs, si les retards inconcevables mis à décider et à employer ces procédés constituent une faute, il est une chose digne d'être notée, et je n'étonnerai personne en le faisant ; c'est l'élan généreux des cœurs français, toujours prêts à secourir les grandes infortunes, les victimes du travail et du devoir, — car ce sont bien des victimes du devoir que ces pauvres ouvriers qui, eux, risquent leur vie tous les jours et à toute heure du jour.

Une grande souscription s'est ouverte spontanément, elle a recueilli les dons généreux et en même temps l'obole du pauvre, le sou de l'ouvrier, le frère en devoir de ceux pour qui on travaille aujourd'hui à Chancelade, et je voudrais, Messieurs et chers collègues, qui n'avez encore rien envoyé, vous engager à souscrire séance tenante pour les familles des victimes, n'ayant pas besoin pour cela de vous rappeler que nous sommes tous des travailleurs et que, dans ces catastrophes, conséquences malheureuses de l'activité industrielle, trop souvent imprévoyante, il n'y a pas que des ouvriers qui peuvent être atteints, mais aussi ceux qui les commandent et les dirigent.

En répondant à mon appel, vous aurez, Messieurs, fait une bonne œuvre, car il y a aussi 100 ouvriers sans travail, dont plus de 70 sont pères de famille. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT. Je remercie M. Durupt d'avoir bien voulu nous apporter ces renseignements. Je ne m'associe pas pour le moment à ses critiques contre l'administration, parce que, quand des catastrophes arrivent, il est bien difficile de faire remonter les responsabilités tout a fait à qui de droit. Ce qui me le prouve dans le cas dont il s'agit, c'est qu'une visite officielle avait été faite un mois avant la catastrophe, et qu'on avait trouvé la carrière en bon état. Vous savez que les maçonneries n'indiquent pas le moment ou elles vont se rompre, et que la période de rupture y est pour ainsi dire très courte. Les pierres s'écrasent sous une forte charge, sans que des charges moindres aient amené aucune déformation bien sensible. Ce n'est pas comme pour l'extension, où l'on voit les phénomènes d'allongement s'accumuler en faisant prévoir le moment où la rupture va se produire. Mais, avec la maçonnerie, on est surpris ; on va arriver à l'écrasement, et rien ne l'indique ; de sorte que l'ingé-

nieur qui avait visité la carrière un mois avant la catastrophe, n'avait pu prévoir ce qui allait se passer.

Il faut considérer aussi que le terrible accident a eu lieu près de Périgueux, à la campagne ; et notre centralisation est telle que, quand on n'est pas proche d'une grande ville très bien outillée, on a beaucoup de peine à faire le nécessaire pour opérer un sauvetage. Il y a là un certain point de vue à considérer.

Dans tous les cas, nous n'avons qu'à nous associer à ce qu'a demandé M. Durupt, et si nos collègues sont de cet avis, M. Durupt voudra bien prendre un chapeau, puisque nous n'avons pas d'aumonière, et nous y mettrons chacun le don qui nous paraîtra convenable.

Un Membre. Je crois que nous ne sommes pas assez nombreux. Peut-être vaudrait-il mieux prendre des mesures pour que la somme donnée par la Société ne fût pas aussi faible qu'elle pourrait l'être ce soir, malgré notre bonne volonté.

M. le Président. Dans ces conditions, ce sera une question à soumettre au comité, qui sera saisi de l'appel fait à la Société par M. Durupt.

M. Badois. Je voudrais demander si l'on s'est bien rendu compte des causes de l'éboulement. M. Durupt nous dit que cela pourrait provenir de ce que les piliers se sont écrasés. Il y a bien d'autres suppositions qui pourraient être faites; et pour ma part, je crois qu'il y a peut-être là un phénomène plus général que l'écrasement des piliers. M. Durupt a dit qu'il y avait de l'eau dans le fond de la carrière. A-t-on examiné le passage de l'eau souterrainement ?

M. Durupt. Parfaitement; il y a des endroits où l'on est obligé d'aller en bateau.

M. Badois. Aux environs de Périgueux, il y de curieux phénomènes. Il existe dans les terrains calcaires des espèces de cours d'eau intérieurs ; j'ai eu occasion de le remarquer; des affaissements se produisent comme si la roche et l'argile avaient été emportés, et cela forme de grands trous au fond desquels on entend l'eau souterraine ; il y là des rivières qui se perdent. Qui dit qu'il n'y a pas eu à Chancelade un phénomène semblable? Cela déchargerait beaucoup l'administration ; car, je suis de l'avis de M. le Président, il peut y avoir à la catastrophe une cause échappant à la première impression, d'autant plus qu'à Périgueux, comme il est facile de le constater sur la carte de l'état-major, il y a eu des affaissements dus à l'eau souterraine, dans divers endroits.

M. Durupt. Des personnes que je considère comme sérieuses, ont constaté que certains piliers avaient présenté un commencement d'effritement à la surface ; beaucoup de colonnes de maçonnerie s'effritaient; et, ces personnes, en sortant des carrières, étaient bien aises de revoir la lumière du jour. On rencontre chez les gens qui ont été se promener là comme curieux, ce sentiment : c'est que l'administra-

tion n'a pas été prévoyante. Les carriers qui font cette exploitation ne sont pas des hommes techniques : ce sont des ouvriers qui exploitent ces carrières par des procédés assez simples: ils ne se rendent pas un compte suffisant des risques qu'ils courent. Ils faisaient ce qu'on leur disait de faire. L'opinion publique, dans les environs de Périgueux, est qu'on ne les a pas suffisamment prévenus.

M. Regnard. Quelles sont à peu près les dimensions des piliers et leurs distances ? Car je suppose qu'ils n'ont pas tout à fait la régularité d'un damier? Cela pourrait être intéressant pour se rendre compte s'ils étaient suffisants ou non pour justifier l'hypothèse de l'écrasement.

M. Durupt. Si j'avais eu le temps, j'aurais fait le plan au tableau: mais je puis montrer le plan de la carrière,

M. le Président. Je ne puis qu'approuver les observations de M. Badois, et prier M. Durupt de rechercher si ces rivières souterraines auraient pu occasionner l'accident aussi bien ou mieux que la faiblesse ou l'usure des piliers.

M. Durupt. Il y a un ruisseau qui passe à côté de la carrière.

M. Gruner. On peut citer un fait analogue à celui dont nous nous occupons : c'est le grand accident de Bellegrade, où il s'est produit, il y a quelques années, un éboulement qui a entraîné un tunnel. L'accident a eu lieu à la suite d'infiltrations d'eau prolongées. Ici aussi, c'est à la suite de grandes pluies ; or, cette eau souterraine dont M. Durupt a parlé, en répondant à la question qui lui était faite, indique aussi l'existence de couches argileuses le long desquelles a dû se produire l'affaissement; car enfin, si les piliers avaient été trop faibles, l'administration l'aurait remarqué.

M. le Président. Je remercie M. Gruner de ses observations qui peuvent éclairer un peu sur ce qui s'est passé. Enfin, je remercie encore M. Durupt et je le prie de nous donner de nouveaux renseignements, si cela lui est possible, afin de pouvoir mieux juger ce triste événement.

MM. Béliard, de Cordemoy, de Clomesnil, Desrosiers, P. Jacquemart, Lechat, Lafitte, Nagelmackers, Portier, Rambaud, ont été reçus membres sociétaires.

MM. Dumont et Maugin ont été reçus membres associés.

La séance est levée à onze heures et quart.

Séance du 20 Novembre 1885

PRÉSIDENCE DE M. DE COMBEROUSSE

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT annonce à la Société la nomination de M. Richou comme officier de l'instruction publique, celle de MM. Edmond Michaud, Guigon Bey, comme officiers d'Académie, et celle de M. Decauville, comme chevalier de l'ordre de Charles III d'Espagne.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté, après lecture de la lettre suivante de M. Casalonga.

« Monsieur le Président

» Ne pouvant me trouver ce soir à l'ouverture de la séance, je viens vous demander la permission de présenter quelques observations à propos du procès-verbal de la séance du 6.

» M. Assi m'y fait dire « qu'il n'avait peut-être pas suffisamment re-» marqué que l'article de la convention relatif à l'introduction des objets » brevetés et fabriqués à l'étranger vise surtout les étrangers.

» Il y a là une erreur.

» Répondant à certaines considérations exposées par notre collègue, par exemple à celle-ci (page 463 du procès-verbal), de quel droit ferait-on payer la rançon par une classe de *citoyens* plutôt que par une autre, j'ai entendu parler (page 466), de la loi de 1844, et non de la convention.

» L'interprétation relative à l'article 5 de la convention a été de ma part, à la suite d'une question posée par M. Ed. Simon, page 469, l'objet de réserves, sur le fait de savoir si, pour l'exploitation comme pour l'introduction, le breveté national devait être assimilé au breveté étranger. Il me paraissait difficile, si les tribunaux devaient se montrer sévères au sujet de l'exploitation par les étrangers, que la même rigueur fût appliqué aux régnicoles. Par ce coté, l'article 5 serait donc pour eux une aggravation de la loi de 1844.

» M. Assi dit encore que l'article 32 de la loi de 1844, modifié par la loi du 20 mai 1856, ne distingue pas entre Français et étrangers.

» Il est au moins permis d'avoir quelques doutes à ce sujet.

» La loi du 20 mai 1856 a bien *étendu* les attributions du ministre, mais n'a pas modifié l'esprit de l'article 32. Il eût été singulier que

l'on eût admis que l'inventeur français, résidant en France, pouvait avoir besoin de faire introduire un modèle en France même.

» Veuillez agréer, monsieur le Président, l'assurance de mes sentiments dévoués.

» D. P. CASALONGA. »

M. LE PRÉSIDENT. L'ordre du jour appelle la communication de MM. Guadet et A. Bonnet sur le nouvel Hôtel des Postes. M. Guadet a bien voulu se charger de nous exposer aujourd'hui la partie esthétique, et c'est notre collègue, M. Bonnet, qui nous décrira, dans une séance ultérieure, les services et la partie mécanique.

Nous sommes reconnaissants de cette communication à M. Guadet, l'éminent architecte, qui est bien connu aujourd'hui, non seulement des membres de la Société des Ingénieurs Civils, mais de tout le monde, par la construction si réussie de l'Hôtel des Postes. J'ai pourtant, d'après le règlement, le devoir de vous le présenter. M. Guadet a été envoyé à la villa Médicis; il a été grand prix de Rome, et sa carrière s'est développée comme se développe la carrière de ceux qui ont été ainsi distingués, dans leurs premières années de virilité, et qui ont été envoyés à cette villa Médicis, où s'achèvent et se perfectionnent la plus grande partie des talents que nous applaudissons plus tard. M. Guadet, aujourd'hui professeur à l'Ecole des Beaux-Arts, a fait comme ses collègues... Il a lutté et attendu. Il arrive maintenant au grand jour avec un monument, ou il a déployé tout son sens de l'art et employé toute la fertilité de son talent. Il avait de grandes difficultés à vaincre : il va nous les exposer, et je ne doute pas que, lorsque sa communication sera terminée, vos applaudissements ne le remercient comme je le remercie moi-même d'avance, sachant le plaisir que vous aurez à l'entendre.

M. Guadet à la parole.

M. GUADET rend tout d'abord hommage au dévouement et à la coopération de plusieurs des membres de la Société qui, soit par le fait d'une adjudication, soit par voie de soumission, sont devenus les collaborateurs de son œuvre; puis il expose l'historique de la reconstruction de l'Hôtel des Postes avec ses phases diverses, et les difficultés de toute nature dont seule devait triompher la volonté persévérante de M. Cochery. (*Applaudissements.*)

L'emplacement actuel était indiqué par sa situation au centre de Paris, mais le terrain est restreint, et il a fallu multiplier les surfaces par la superposition. Il n'y a pas eu d'ailleurs, de programme proprement dit, mais l'architecte a dû étudier en détail le fonctionnement et les besoins de la Poste : il a également étudié les principaux hôtels des Postes à l'étranger, et en a rapporté la confiance que les établissements rivaux n'étaient pas pour inquiéter sur le compte de celui que la France allait créer. (*Applaudissements.*)

Un Hôtel des Postes est en réalité destiné à un travail comparable à celui d'une usine, et doit avant tout se prêter à des modifications profondes des installations. Il faut donc avant tout de vastes salles libres, et le moins possible de murs intérieurs et de points d'appui. Cependant M. Guadet n'a pu songer à un édifice de plain-pied dans toutes ses parties, ce qui eût demandé un terrain et partant une dépense énormes. Mais pour installer la Poste avec des superpositions d'étages, il fallait toutes les ressources de la science moderne appliquée aux constructions métalliques et à la machinerie. La multiplication des surfaces a été réalisée en faisant évoluer les voitures sous les salles mêmes de travail, installées sur des planchers à très grandes portées, et tout un système de machinerie assure les communications verticales entre les divers services.

M. Guadet avant d'entrer dans le détail, explique le travail de la Poste ; il expose les manipulations successives qu'y subit la lettre qu'on envoie, puis la lettre qu'on reçoit, et montre comment à Paris le système de la Poste est la centralisation complète, tandis qu'à Londres le service est décentralisé.

Il ressort de ce qui précède que l'Hôtel des Postes de Paris se compose tout d'abord d'un grand bureau analogue sauf dimensions à ceux de quartier, et d'une partie plus considérable, interdite au public, et qui comprend les services de manipulation et de transit.

La partie publique est en façade sur la rue du Louvre, et comprend le péristyle avec boîtes aux lettres et aux imprimés, bureaux de vente des timbres, etc. ; la salle du public avec tous les services d'affranchissement, mandats, chargements, télégraphe, etc. ; la salle de la Poste restante et des abonnés ; puis parallèlement à la salle du public, mais de l'autre côté du local réservé aux employés, la réception des *périodiques*, c'est-à-dire des imprimés, journaux, revues, prospectus, etc., qui arrivent par ballots, dans des voitures particulières qui entreront par la rue Etienne-Marcel pour sortir par la rue Gutenberg.

A cette partie publique se rattachent indirectement dans les étages les services administratifs de la direction, de la recette principale, des rebuts et réclamations, tous en façade sur la rue du Louvre.

Après la cour des *périodiques* commence la partie interdite au public, comprenant au rez-de-chaussée, le *transbordement* entre les cours d'arrivée et de départ. Le *transbordement* a pour fonction de recevoir les sacs de dépêches, les reconnaître, les diriger sur les services qui doivent les ouvrir, et réciproquement de recevoir de ces services les sacs à expédier, et d'en assurer la direction sur les diverses gares. C'est donc le point de réunion des voitures, à l'arrivée d'un côté, au départ de l'autre. Tout est disposé pour que les voitures évoluent toujours dans le même sens, sans croisements ni retours.

Le premier étage est affecté au service de la *distribution*, c'est-à-

dire à la préparation des distributions de lettres et imprimés dans Paris; le deuxième étage est réservé au service dit du *départ*, c'est-à-dire à la direction des correspondances de toute nature, sauf celles à destination de Paris, sur les bureaux ambulants des chemins de fer.

Les étages supérieurs sont donc alimentés par le *transbordement* et aussi par les *périodiques*, de là un mouvement ascensionnel énorme; à leur tour, ils livrent au *transbordement*, et le mouvement de descente qui en résulte est colossal aussi, et de plus il est bien peu simultané; c'est donc le moment d'expliquer comment ont été conçues ces communications verticales, véritable clef de toute l'organisation.

De bas en haut, il y aura des monte-charges, mais l'ascenseur ordinaire, quelle que fusse sa puissance et sa rapidité, n'aurait jamais suffi; seul le principe de la noria, avec ses passages continuels de récipients disponibles pouvait donner satisfaction, et c'est en effet ce système qui a été adopté, mais avec tout un ensemble de conditions spéciales très difficiles dont M. Bonnet exposera les solutions. Les monte-charges ainsi établis pourront élever 120.000 kilogrammes par heure.

Pour la descente, ces monte-charges eux-mêmes ne seraient pas assez rapides. M. Guadet a donc dû chercher une solution qui soit une véritable chute presque instantanée des sacs de dépêches, avec une disposition qui modérât suffisamment cette chute pour éviter l'écrasement des correspondances. Il a combiné dans ce but des descentes en hélice, contournées deux par deux, et dont il expose un modèle réduit.

De tout ce qui précède, il résulte que l'utilisation du terrain a été poussée aussi loin que possible.

M. Guadet produit quelques chiffres à cet égard.

La surface construite étant de 7.750 mètres carrés environ, le total des surfaces utiles atteint 28.046^{mq},45, soit 3^{mq},62 par mètre carré de construction.

Le tonnage total des constructions métalliques est de 4.461.100 kilogrammes, soit un poids moyen de 575 kilogrammes par mètre carré.

Les calorifères chauffent un cube d'air de 116.706 mètres cubes, équivalant à une hauteur de 15^{m},46 sur la totalité du terrain.

Il y a, à ce jour :

8.420 mètres de tuyauterie d'eau;

17.400 mètres de canalisation de gaz;

42.912 mètres de fils électriques pour sonneries, etc.

Abordant l'examen de l'Hôtel des Postes au point de vue de la construction, M. Guadet expose qu'il a fait en réalité une construction métallique, solidaire par elle-même, et que les façades ne sont en réalité que de simples clôtures.

Ce parti pris offre l'avantage d'une plus grande unité dans l'ossature métallique, et permettait de ne pas recourir à l'emploi de la pierre dure pour les piles de façades.

Après divers détails sur la maçonnerie, la couverture, etc., M. Guadet constate donc que la charpente métallique a été la plus importante de la construction, en raison surtout des très grandes portées des planchers.

Les fers ont été calculés pour un travail de 6 kilogrammes par millimètre carré ; le poids moyen par mètre de plancher et de comble ressort comme suit :

Planchers à poutres décoratives à treillis :

Travées de	12,80 × 5,08 le m. q.	128kg,500
—	16,80 × 5,08	144kg,600
—	15,24 × 5,15	153kg,300

Plancher à poutres droites à âme pleine et solivage en poutrelles, sous le troisième étage, très chargé :

Travées de	12,80 × 5,08 le m. q.	134kg
—	15,24 × 5,15	150kg,800

Combles, compris fermes et pannes :

Travées de	12,80 × 5,08 le m. q.	62kg,640
—	16,80 × 5,08	91kg,520
—	15,24 × 5,15	62kg,600

Comble de la salle des Périodiques, compris plafond vitré, 110kg,700.

L'hygiène a été une des grandes préoccupations de M. Guadet ; l'eau sera abondante à tous les étages, et les cabinets d'aisances et urinoirs ont été traités avec un luxe de précautions de propreté. Les sièges sont en marbre, et toutes les déjections tombent toujours dans de l'eau renouvelée par des chasses automatiques puissantes. M. Guadet décrit en détail cette installation et les garanties minutieuses qu'il a voulu avoir contre toutes émanations. La ventilation sera d'ailleurs assurée été et hiver par des appels combinés avec l'action du chauffage. Celui-ci est assuré par la vapeur, qui seule était assez ductile pour pouvoir transmettre la chaleur dans un édifice où il n'y a pour ainsi dire pas de points d'appuis. Les calculs ont été faits en vue du renouvellement intégral de l'air des salles dans l'espace d'une heure.

L'éclairage se fera par le gaz ; les solutions qui pourraient être demandées à l'électricité sont, quant à présent, réservées.

M. Guadet indique brièvement l'emploi de divers objets spéciaux à la Poste, notamment les casiers de tri, tout en fer et verre, et les cadrans indicateurs des heures de distribution, éclairés en transparence, qui remplaceront les petits indicateurs émaillés si difficiles à lire. Il fait voir des spécimens de ceux de ces divers objets qui

étaient assez portatifs pour pouvoir être mis sous les yeux de l'assistance.

Cette étude serait incomplète si l'architecte ne disait quelques mots de l'architecture du nouvel Hôtel des Postes. Il a cherché avant tout à rester dans la mesure et dans la proportion que comportait son sujet, à ne pas se laisser entraîner aux tentations séduisantes qui circonviennent l'artiste, à renoncer à toute originalité qui ne serait pas celle même du programme, usine et monument à la fois. Il s'est astreint à une fidélité invariable aux exigences des besoins à satisfaire et aux nécessités de la construction; et c'est au nom de l'art supérieur qu'il affirme cette sincérité absolue de l'artiste dans son œuvre. (*Applaudissements répétés.*)

C'est dans le même esprit qu'il a étudié ses façades, dont le caractère ressort uniquement des proportions de pleins et de vides, des saillies et des divisions de travées que commandait la disposition nécessaire de l'édifice. Il estime d'ailleurs que cette vérité, dont il s'est fait une loi, a logiquement assuré les effets architecturaux que comportait un emplacement qui ne permet de voir le monument que sous des perspectives obliques et ramassées. Il a suivi ces principes sans déviations, voilà tout ce qu'il peut affirmer; mais en art, il faut aussi et surtout le bonheur : l'a-t-il rencontré? Il n'a pas à le dire, il ne peut être juge et partie. (*Applaudissements.*)

Demandant d'ailleurs à élever la question, M. Guadet cherche à dégager le caractère et les tendances de l'architecture contemporaine, héritière comme tous nos arts de plusieurs siècles d'imitations, mais appelée, elle aussi, à bénéficier du grand souffle de liberté qui nous a valu l'affranchissement de la pensée et l'affranchissement de la science. Mais la liberté oblige, et M. Guadet rappelle cette belle parole de M. Guillaume, président de l'Académie des Beaux-Arts, proclamant que la marque de l'art moderne doit être la conscience. C'est dans cette voie, dans la sincérité absolue de l'artiste, dans son identification sans réserves avec l'essence intime du sujet, que l'architecte doit chercher et trouver la valeur morale et la valeur artistique de son œuvre. (*Applaudissements.*)

M. Guadet, en terminant, rappelle que sa communication n'est que la préface d'une conférence d'un caractère plus scientifique qui sera prochainement faite par M. Bonnet sur la machinerie de l'Hôtel des Postes, et fait connaître son intention de demander à M. le Ministre l'autorisation d'inviter MM. les membres de la Société à lui faire l'honneur de visiter le monument dont il vient de les entretenir. (*Bravo! Bravo! Vifs applaudissements.*)

M. le Président. Messieurs, vous me permettrez de remercier en votre nom, comme je l'avais fait d'avance et comme vos applaudissements viennent de le faire, M. Guadet, de ce qu'il a bien voulu dire

aujourd'hui. Le savant professeur de l'École des Beaux-Arts, l'architecte éminent, nous a donné, en même temps qu'une exposition pleine de charme de ses travaux, une grande leçon morale dont les ingénieurs peuvent tirer parti. Oui, il nous a montré que le talent, aujourd'hui, devait surtout avoir pour soutien la conscience, et que c'était la conscience du sujet, la volonté de lui donner tout ce qui était nécessaire, sans aucune superfétation prétentieuse et personnelle, qui soutenait le talent et donnait à l'art toute sa grandeur. Les ingénieurs, eux aussi, dans leurs travaux, dans leurs constructions de machines, peuvent mettre de côté leur vanité et faire ce qu'on leur demande avec le plus de précision, de solidité possibles, sans oublier toutefois que la grâce et l'élégance simples ne sont pas défendues : M. Guadet nous en a donné la preuve.

Il vient de dire : « J'ai fait ce que j'ai pu, à vous de dire si j'ai réussi. » Je crois que la population parisienne, qui a vu le nouvel Hôtel des Postes, lui a déjà aussi bien répondu que le suffrage de ses collègues les plus autorisés. Je suis convaincu que le serrement de main de M. Guillaume, quand il est venu visiter le nouvel Hôtel, a été une affirmation bien complète et a fait comprendre à la modestie de M. Guadet qu'il avait réussi.

Nous serons heureux que M. le Ministre des Postes et des Télégraphes donne à la Société des Ingénieurs Civils l'autorisation de visiter l'Hôtel des Postes sous la conduite de M. Guadet et de notre collègue M. Bonnet.

M. Guadet a dit une parole qui m'a causé une grande joie, c'est lorsqu'il nous a entretenus de la mission qui lui avait été confiée pour visiter, dans les pays étrangers, les hôtels des postes les mieux entendus. M. Guadet nous a dit : « Nous n'avons rien à craindre des autres ; nous pouvons faire aussi bien que les autres, et il ne nous est pas difficile de faire mieux. »

Je le remercie de ce sentiment patriotique. Nous doutons trop de nous-mêmes aujourd'hui; nous avons devant les yeux un crêpe qui nous cache le ciel; nous croyons que les étrangers ont fait des pas prodigieux dans la voie du progrès et que nous sommes restés immobiles. Je crois que c'est un sentiment contre lequel il faut réagir, ingénieurs et architectes, aussi bien que marins et soldats, en un mot, toute la France.

Permettez-moi d'ajouter que, pour faire cette grande œuvre, l'économie n'a pas été négligée : ce monument n'a pas coûté dix millions. Je ne sais pas si, dans un autre pays on serait arrivé à faire à ce prix ce que M. Guadet a fait. Mais, pour cela, il faut chercher les hommes et les trouver. Il faut que le Ministre trouve dans les hommes qu'il choisit la volonté de bien faire; il faut surtout qu'il rencontre des hommes de conscience. La moitié du succès de M. Guadet a été l'idéal qu'il avait devant les yeux et qu'il a si bien rempli. (*Bravo ! — Applaudissements.*)

Si quelque membre avait des observations ou des demandes à adres-

ser à M. Guadet, je lui donnerais la parole. M. Guadet sera d'ailleurs présent à la séance prochaine. D'ici là, on aura lu son résumé. M. Bonnet nous fera son exposé, le 4 décembre. M. Guadet y assistera; et si quelque membre veut prendre la parole, il pourra s'adresser à la fois à M. Guadet et à M. Bonnet.

Je n'ai pas besoin de rappeler que le travail de M. Guadet sera publié *in extenso* dans le *Bulletin*, où nous serons heureux de le conserver.

Il nous reste encore quelques minutes. M. Durupt nous a demandé la parole à propos de l'accident de Chancelade. A la dernière séance, il avait pensé qu'il pourrait nous apporter des documents complémentaires et des renseignements plus précis sur cette catastrophe. Je prie M. Durupt d'être surtout technique, et de laisser de côté, autant que possible, le point de vue très délicat des responsabilités.

M. DURUPT a la parole :

« Messieurs,

» A la suite de ma communication rapide sur la catastrophe de Chancelade, M. le Président a bien voulu me demander de nouveaux renseignements. Je viens vous les apporter, non sans un profond sentiment de tristesse à la pensée des souffrances que ces malheureux ensevelis ont dû éprouver jusqu'au jour où, privés de nourriture et n'ayant plus l'espoir d'être sauvés, ils se sont sans doute vus mourir au fond de l'espace noir qui leur sert provisoirement de cercueil. Si j'ai cru que l'éboulement les avait épargnés, si j'ai pensé qu'ils pourraient vivre quinze jours et trois semaines — au prix de quelles souffrances? — je n'ose pas croire aujourd'hui qu'ils soient encore vivants après vingt-six jours de douleurs morales et physiques inimaginables.

» Cependant on continue le sauvetage avec plus d'activité que jamais, après une période de découragement qui suivit la rupture de la corde d'amarrage du trépan resté au fond du trou de sonde ayant déjà 32 mètres de profondeur, et abandonné là sans que de judicieux efforts pour le ramener aient été tentés. — L'emploi de l'acide pour ronger la pierre et d'une louve à griffes d'acier, devait pourtant venir à l'esprit des personnes dirigeant le travail; ces moyens ont été, du reste, conseillés.

» Aujourd'hui la maison Lipmann, connue de nous tous, a entrepris le forage d'un second trou à côté du premier; elle espère obtenir 6 à 7 mètres d'avancement par jour; il y a ce soir 15 mètres de percés.

» On a proposé de même le creusement d'un puits carré de $1^{m},40$ de côté pour permettre le sauvetage des ouvriers, auprès du trou de sonde par où on devait leur passer des aliments; — ce puits boisé aurait pu être terminé quelques jours après le trou, et il est même permis d'admettre que, si l'on eût commencé dès le lendemain de la catastrophe, on serait arrivé à ce jour jusqu'au plafond de la galerie non effondrée.

» Quant aux causes de l'accident, vous savez, Messieurs, que trois ex-

perts ont été nommés par le juge d'instruction, pour les rechercher; ce sont :

» MM. Nivois, ingénieur en chef des mines, professeur à l'école des ponts et chaussées;

» Muller, architecte-expert;

» Dorion, ingénieur, directeur des mines de Decazeville, ancien élève de l'Ecole centrale, membre de la Société.

Il est donc probable que l'enquête poursuivie par ces trois ingénieurs éclairés nous apprendra les causes de cette catastrophe et vous comprendrez, Messieurs, que je ne puis insister personnellement sur ce sujet extrêmement délicat dans lequel des responsabilités considérables peuvent être mises en jeu,

Tout ce que je puis dire, et pour répondre aux intéressantes observations faites par M. Badois, c'est que l'existence du courant souterrain n'est rien moins que démontrée et que si l'eau a pu jouer un rôle funeste, ce n'est certainement pas dans ce sens qu'il faut l'envisager, mais plutôt dans celui des infiltrations traversant la masse rocheuse de haut en bas et pouvant déterminer des plans de glissements sur les lames d'argile que l'humidité rend savonneuse.

» Quant au rôle joué par l'administration des Mines pendant la période de sauvetage, cette question rentre complètement dans le domaine public et chacun est libre en récapitulant les hésitations de la première heure, les déclarations faites aux entrepreneurs dont l'initiative courageuse était à la hauteur du dévouement le plus désintéressé, les autorisations de travailler arrachées plutôt qu'obtenues avec empressement, chacun est libre, dis-je, de ne point se montrer satisfait, d'accord en cela avec l'opinion publique en Périgord qui a déjà manifesté son sentiment sur cette manière de procéder.

» Ce qui n'est pas en notre pouvoir, puisqu'une enquête est ordonnée, c'est de rechercher si la surveillance de ces carrières était réellement effective, si le garde-mine qui dressait tous les mois un état d'avancement des galeries allait lui-même sur place vérifier si les piliers ménagés étaient en nombre suffisant, s'ils n'étaient pas en mauvaise pierre remplie de poches d'argile, les carriers préférant extraire la bonne pierre et laisser la montagne s'appuyer sur des matières d'une résistance douteuse, enfin si dans la répartition de ce damier de piles, on a bien tenu compte de l'accroissement du poids au fur et à mesure que l'on s'avançait dans les flancs de la roche; car il ne faut pas oublier que, si au-dessus des anciennes carrières, vers l'extérieur, au bord du chemin, qui est en bas des pentes, il y a de 15 à 20 mètres de hauteur, vers le fond, avant d'arriver au massif qui était exploité, il y a a 60 mètres de charge.

« On a dit aussi que depuis plusieurs années certains piliers paraissaient s'enfoncer, et je répète que les visiteurs de ces travaux

remontaient des galeries avec une mauvaise impression, et bien heureux de sentir leurs épaules débarrassées de l'énorme masse qui semblaient les menacer.

« Je n'insiste pas davantage, Messieurs, et je veux en terminant remercier notre honorable président qui peut allier à une science profonde servie par une éloquenee que vous appréciez, les plus hauts sentiments de confraternité et d'humanité, je veux le remercier de l'accueil bienveillant qu'il a fait à ma communication et de l'intérêt qu'il a témoigné en faveur des victimes de cette triste catastrophe. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT, Messieurs, la question n'est pas encore absolument tranchée; il y a une enquête qui se poursuit; la Société n'a donc qu'à s'incliner et à attendre le résultat auquel elle aboutira. Je remercie Durupt de nous avoir donné de nouveaux détails, nous devons en rester là. La lumière se fera, sans doute, et satisfaction sera donnée à l'opinion publique.

MM. Coiseau, Ciampini, Dejey, Jourdan, Monnier, ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures moins un quart.

Séance supplémentaire du 27 novembre 1885.

PRÉSIDENCE DE M. DE COMBEROUSSE

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que le procès-verbal de la dernière séance n'est pas encore imprimé, puisqu'il s'agit aujourd'hui d'une séance intercalaire; par conséquent, il n'y a pas lieu de le mettre aux voix.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer à la Société le décès de M. Audenet, ancien ingénieur de la marine.

M. LE PRÉSIDENT annonce à la Société qu'elle a reçu le deuxième volume de l'ouvrage si intéressant publié par notre collègue, M. Paul Terrier. Il s'agit des leçons de Statique graphique d'Antonio Favaro, professeur à l'université royale de Padoue. Le travail de M. Terrier est plus et mieux qu'une traduction. Le premier volume était consacré à la géométrie de position. Le deuxième volume traite du calcul graphique.

Le troisième nous donnera la statique graphique proprement dite. Dans le deuxième volume qui vient de paraître, M. Terrier a réuni avec un grand talent tout ce qui a rapport au calcul graphique, et il a ajouté au texte italien un grand nombre d'appendices et de notes personnels que tous les ingénieurs, qui ont à se servir des procédés graphiques pour abréger ou vérifier leurs calculs, liront avec fruit.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Ch. Cotard sur *les ports de commerce en France et à l'étranger*. M. Cotard a la parole.

M. Ch. Cotard. M. Laroche, ingénieur en chef des ponts et chaussées, ancien ingénieur de la compagnie du canal de Suez, à Port-Saïd, a bien voulu me charger de présenter et d'offrir à notre Société un exemplaire de son « *Étude sur les principaux ports de commerce de la Méditerranée* », qui vient d'être publiée à l'Imprimerie nationale, par ordre du ministre des travaux publics.

C'est un fort bel ouvrage, orné de planches, qui contient l'étude comparative et détaillée des ports de Barcelone, de Gênes, de Venise, de Trieste et de Fiume, tant au point de vue technique de l'art des constructions maritimes qu'au point de vue de l'exploitation proprement dite, de l'organisation commerciale, de l'outillage et de la réglementation.

Cette étude continue et complète un ensemble de recherches du même auteur, entreprises, d'abord, en collaboration avec M. l'inspecteur général Plocq sur les principaux ports de l'Europe septentrionale. L'autorité et la compétence incontestées de ces deux ingénieurs, leur grande expérience des travaux maritimes, qui les avaient naturellement désignés pour accomplir les missions successivement ordonnées par le ministre des travaux publics, donnent à de telles recherches un intérêt de premier ordre et en font un document des plus précieux pour tous ceux qui ont, à un titre quelconque, à s'occuper de l'amélioration et du développement de notre outillage maritime.

Nous avons, en effet, dans cette matière, à faire souvent notre profit de ce qui se pratique à l'étranger; nos divers ports, grands et petits, s'abritent trop volontiers sous la tutelle administrative et parlementaire et se laissent distancer par ceux qui n'ont à compter que sur leurs propres ressources et leur seule initiative.

C'est ce que signale l'auteur de cette nouvelle étude en notant « les marques d'étonnement critique recueillies, notamment en Angleterre, sur la façon dont on conçoit, en France, certaines questions relatives aux ports de commerce » et en ajoutant que « jamais il n'a entendu exprimer par nos voisins le désir que leurs ports ressemblent aux nôtres ».

Il fait ressortir ce fait caractéristique et vraiment capital que les ports les plus prospères de l'étranger sont exploités d'une manière exclusivement industrielle et comme de grandes gares de transbordement;

tout y est subordonné aux convenances et aux exigences du commerce ; on n'y a pas en vue, comme cela arrive trop souvent chez nous, de faire des ouvrages de grande apparence, généralement trop coûteux, mais, plutôt, des installations aussi simples que possible et conçues uniquement dans le but de satisfaire aux besoins du trafic.

Là, rien n'est négligé de tout ce qui peut faciliter et abréger les opérations. Les quais ont une grande largeur et sont desservis par des appareils perfectionnés et par de nombreuses voies ferrées où les locomotives circulent aisément sans plaques tournantes empêchant de conduire des trains entiers au bord des quais. On y trouve de vastes hangars où la marchandise se débarque, se reconnaît et se manutentionne à l'aise et en sécurité, ainsi que de grands magasins pour les dépôts de quelque durée, dans lesquels la valeur des marchandises se mobilise au moyen des warrants.

L'usage des quais et des bassins est pratiquement réglementé sans formalités inutiles aussi bien que sans faiblesse ; les navires ne doivent rester à quai que le temps strictement nécessaire pour leur opérations rendues aussi promptes que possible par des grues hydrauliques mobiles. Le tout est exploité commercialement et par des gens qui sont eux-mêmes des commerçants. Ce libre exercice des intérêts privés donne de si excellents résultats que, partout, les parties des ports les plus recherchées du commerce, celles où les aménagements et l'outillage sont le plus pratiquement organisés, et où la réglementation est le mieux entendue, sont celles qu'exploitent des compagnies ou des associations privées. Là est le secret des résultats vraiment frappants qui sont obtenus dans beaucoup de ports dont nous admirons l'activité croissante.

Il convient de reconnaître que ce qui fait, en somme, la supériorité de ces vastes cités maritimes, c'est que l'organisation économique de leurs pays leur laisse la libre disposition de leurs ressources et qu'elles agissent comme de vastes associations commerciales, avec la plénitude de leurs moyens d'action, ne faisant que ce qui est nécessaire, mais le faisant au moment opportun, avec une puissance de conception et une rapidité que n'entravent aucunes formalités administratives ni gouvernementales.

Dans ces pays, on a mis en pratique ce principe fécond de l'autonomie des divers groupements de l'activité sociale, qui assigne aux attributions conférées à l'État des limites aussi étroites que possible.

C'est ce qu'a si remarquablement exprimé le grand économiste anglais Stuart Mill dans ses *Principes d'économie politique*, en disant ce qui suit :

« Il n'est pas moins important, sous un gouvernement démocratique que sous tout autre, de surveiller avec une inquiétude vigilante toute tendance, de la part des dépositaires de l'autorité publique, à étendre

leur intervention et à prendre un pouvoir quelconque, autre que le pouvoir indispensable.

» Toute attribution nouvelle conférée au gouvernement est une nouvelle occupation imposée à des personnes déjà surchargées de fonctions. La conséquence naturelle est que les fonctions sont mal remplies ou ne le sont pas du tout, parce que le gouvernement ne sait agir qu'avec une lenteur fatale à toute affaire.

» Dans les sociétés les plus civilisées, les choses sont plus mal faites par l'intervention du gouvernement que par les individus intéressés. L'infériorité du gouvernement, dans la plupart des opérations de l'industrie, est attestée par ce fait que le gouvernement ne peut guère soutenir la concurrence des particuliers. Alors même qu'un gouvernement serait supérieur en intelligence et en science à tout individu pris isolément, il doit être inférieur à l'ensemble des particuliers composant la nation. Le gouvernement, en excluant ou en remplaçant l'action des particuliers, substitue sa manière de faire les choses à l'infinie variété des méthodes qui seraient essayées par un certain nombre de personnes tendant au même but, ce qui est une concurrence infiniment plus favorable au progrès que tout système uniforme.

» En un mot, le *laisser faire* doit être la règle générale. Toutes les fois qu'on s'en écarte, à moins que cela ne soit absolument nécessaire pour réaliser quelque chose de grand et de bon, on fait mal, très certainement. »

Il n'est pas inutile de rappeler ces paroles remarquables pour apprécier le chemin que nous avons à faire, dans notre pays, pour arriver à la mise en pratique de ces saines doctrines de liberté économique.

Chez nous, en effet, avec notre système de centralisation excessive, nous remettons, au contraire, toutes nos ressources entre les mains de l'État et nous nous en flons à sa sollicitude pour qu'il en soit fait le meilleur usage possible. Le pays ne se compose, de plus en plus, que de contribuables entretenant une armée de fonctionnaires qui, au nom de l'État, disposent de l'épargne commune.

Un tel système ne peut manquer de porter ses fruits. En ce qui concerne seulement les travaux publics et, plus spécialement les travaux maritimes, puisque c'est de cette question qu'il s'agit, nous voyons une quantité de ports atteints dans leur développement par le manque d'améliorations indispensables; on en voit, et des plus grands, dans l'impuissance où les met la tutelle de l'État, attendre, depuis des années, des travaux urgents et assister ainsi à leur propre déchéance.

Il y a loin, assurément, de cette servitude où vivent nos plus grandes cités maritimes, à la fière indépendance qui caractérise cette réponse faite par l'administration du port de Rotterdam à un fonctionnaire étranger qui présentait ses lettres d'introduction adressées au gouvernement : « Il n'y a pas, ici, de gouvernement hollandais, lui dit-on, il n'y a que la municipalité de Rotterdam. »

L'intervention malencontreuse de l'Etat dans l'aménagement et l'organisation de nos ports de commerce ne conduit pas seulement à des retards regrettables dans l'élaboration des projets et leur mise en œuvre, à l'exécution, généralement onéreuse, d'ouvrages insuffisants ou répondant imparfaitement aux besoins, à des réglementations d'une pratique incommode ; elle a cette autre conséquence, plus grave encore, d'éteindre toute initiative locale et de priver complètement les ports qui n'ont temporairement aucun secours à attendre de l'Etat, de toute possibilité d'amélioration.

Tel est le résultat d'un système qui consiste à exécuter, à titre de dotation gratuite et au compte du trésor public, des travaux qui devraient être laissés à la charge de ceux qui s'en servent. Et, en effet, comment tel port, oublié, sans doute, dans la distribution des faveurs administratives ou parlementaires, pourrait-il songer à entreprendre, dans de telles conditions, le travail le plus urgent et le plus indispensable ? N'a-t-il pas déjà aliéné en faveur de l'Etat la meilleure part de ses ressources ? Il n'a pas même la possibilité de recourir à l'établissement de taxes qui lui permettraient d'assurer la rémunération des capitaux à engager ; car il se mettrait, par cela même, en état d'infériorité vis-à-vis de tel autre port voisin qui, plus heureux que lui, aura obtenu ces mêmes travaux sans bourse délier et, par conséquent, sans qu'il ait besoin d'imposer aucune charge à son trafic. Force lui sera donc d'assister, impuissant, à la mauvaise marche de ses affaires et de se réduire, faute de mieux, au rôle médiocre de solliciteur pour tâcher d'obtenir aussi quelques miettes du festin budgétaire. Malheureusement, dans cette concurrence assez malsaine, il n'est pas donné à tout le monde de gagner la course.

Est-ce à dire qu'il faille désespérer de voir s'acclimater chez nous les principes d'indépendance économique des pays du nord de l'Europe qui ont une habitude séculaire et non interrompue de la vie communale? Il semble que non. Dunkerque et Calais sont, sous ce rapport, presque aussi flamands qu'Anvers, et Boulogne n'est pas sans subir l'influence des mœurs commerciales de l'Angleterre. Un pareil changement sera peut-être plus difficile dans le Midi où les populations sont façonnées depuis l'époque romaine, à la tutelle administrative. L'exemple de Barcelone est là, cependant, pour montrer ce que peuvent produire les initiatives locales. Mais il n'y a pas à se faire illusion, il faudra, sans doute, bien du temps pour que nos mœurs économiques et administratives se modifient et tout ce que l'on peut faire, c'est d'habituer peu à peu les esprits à cet ordre d'idées nouvelles.

Un pouvoir central autocratique a pu être nécessaire, à l'origine des sociétés, pour former les nations, en fondant, en un tout homogène, des populations qui, bien que naturellement portées à se grouper, manquaient encore de cohésion; maintenant que cette œuvre d'uni-

fication est accomplie, il appartient à notre civilisation plus avancée de rendre aux parties de ce tout, dans une évolution inverse, la part d'indépendance et d'autonomie qu'elles peuvent légitimement revendiquer et, qui, par l'émulation d'efforts locaux et individuels s'exerçant alors spontanément, au profit de la collectivité. en une sorte d'*anarchie harmonique*, ne saurait manquer de concourir efficacement à la prospérité et à la grandeur de la patrie.

J'avais, Messieurs, à vous rendre compte d'un ouvrage spécial sur les ports de commerce et je me suis laissé entraîner à des considérations générales qui, sans m'éloigner de mon sujet, ne rentraient peut-être pas absolument dans le cadre où j'aurais dû me renfermer. Je me hâte donc de revenir à l'objet principal de cette communication qui était de vous donner, tout au moins, un résumé des diverses questions traitées dans l'étude dont il s'agit.

M. l'ingénieur Laroche fait d'abord ressortir la différence fondamentale qui distingue les ports de la Méditerranée, dépendant tous, sauf celui de Barcelone, de leurs États respectifs, d'avec ceux de l'Europe septentrionale, dont les principaux appartiennent à des villes, à des associations ou à des compagnies qui les construisent, les exploitent, les administrent et les réglementent.

A Barcelone, l'État, depuis plus de treize ans, ne contribue en rien aux dépenses des travaux et l'administration du port est confiée à un comité local appelé « *Junta* ». La Junta est presque tout, l'État presque rien, et le résulfat de cette administration locale a été des plus satisfaisants. On lira avec le plus grand intérêt l'histoire instructive de cette Junta du port de Barcelone; on verra « dans quelles circonstances, calamiteuses pour l'Espagne, elle a dû se créer et fonder son crédit, aujourd'hui de premier ordre, » puisqu'il lui a permis d'exécuter, sans rien demander à l'État, pour près de vingt millions de francs de travaux; on verra « comment elle a su grouper et faire concourir au succès de l'entreprise les représentants les plus intelligents et les plus expérimentés des intérêts du port; avec quelle netteté on y a compris les conditions à observer sous le rapport économique et technique dans l'exécution de pareils travaux et dans leur exploitation. »

M. Laroche examine, pour chacun des ports que comprend son étude :

L'*Administration*, qui, lorsqu'elle manque d'unité, amène des rivalités qui causent des pertes de temps préjudiciables à l'intérêt général;

Les *Taxes*, perçues par l'État, sauf à Barcelone où elles sont encaissées par la Junta, avec une tendance peut-être excessive à en réduire le nombre;

Les *Douanes*, qui donnent lieu à des plaintes générales contre la gêne qu'elles imposent au commerce par la trop courte durée du temps

pendant lequel les agents de cette administration sont à la disposition du public ;

Les *Finances*, c'est-à-dire les divers modes d'exécution des travaux par les Etats, par leurs moyens ordinaires de trésorerie, soit par l'industrie privée comme à Barcelone, où la Junta s'est procuré les fonds dont elle avait besoin au moyen d'emprunts garantis par une taxe spéciale sur le mouvement des marchandises;

L'*aménagement des ports*, concernant les conditions que l'on doit chercher à remplir et qui sont les suivantes :

1° Porter la largeur des quais à 100 mètres au moins;

2° Etablir des hangars ou abris sur les quais;

3° Munir les quais d'engins de manutention;

A Barcelone, tous les quais sont munis d'un système très complet de grues hydrauliques;

4° Réglementer l'usage des quais ainsi outillés de façon à leur faire rendre la plus grande somme d'utilité possible;

Sur ce point encore, la supériorité d'organisation appartient au port de Barcelone où la Junta, maîtresse de l'administration, a édicté un réglement détaillé ;

5° Favoriser la fréquentation du port par les navires.

Ce but est obtenu à Barcelone où les navires ne payent pas d'après leur tonnage, mais, seulement, pour le chargement et le déchargement des marchandises, ce qui est très avantageux pour les vapeurs faisant un service d'escales ;

6° Favoriser le service de transit, en amenant jusque dans le port et sur les quais les grandes voies de communication extérieure et en créant des magasins et des entrepôts à tarifs fixes ;

7° Voies ferrées des quais; en évitant autant que possible la disposition des môles perpendiculaires aux rives, qui force de recourir à l'emploi continuel des plaques tournantes ;

8° Gares maritimes ; utilité de donner à ces gares tout le développement de rails nécessaire ;

9° Magasins et entrepôts; nécessité de créer des magasins à warrants.

A Barcelone, l'exploitation de ces magasins est déjà mise en vigueur par la Junta.

10° Offrir à la navigation des moyens de radoub en nombre suffisant et suffisamment puissants.

Telles sont les questions que l'auteur traite en détail pour les ports indiqués plus haut, en fournissant, pour chacun d'eux, de nombreuses données statistiques qui viennent utilement corroborer les conclusions de cette étude comparative.

En me voyant ainsi réduit à ne pouvoir faire qu'une énumération sommaire de ces divers chapitres qui auraient tous mérité d'être mieux développés, je me prends à craindre de m'être assez mal

acquitté de ma tâche. Mais j'espère que l'insuffisance même de mon exposé donnera le désir de mieux connaître l'ouvrage, et c'est là le but le plus utile que je pouvais me proposer.

Quelles que soient, aussi, les opinions que l'on professe sur la grave question, que j'ai cru devoir aborder à cette occasion, de l'intervention de l'État dans le domaine de l'industrie maritime, on ne saurait contester qu'il y a énormément à faire pour mettre nos ports marchands au niveau des ports les plus prospères de nos voisins et rivaux. Une étude comparative des différents ports de l'Europe était donc, à ces divers points de vue, des plus opportunes et des plus instructives, et il convient de féliciter hautement le ministre qui l'a ordonnée aussi bien que l'éminent ingénieur qui l'a poursuivie avec tant de consciencieuse et impartiale exactitude et un aussi remarquable talent *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. Cotard de son compte rendu. C'est une digne préface du bel ouvrage de M. Laroche, et l'assemblée remerciera doublement M. Cotard, lorsqu'elle saura qu'il est arrivé de Bretagne aujourd'hui pour nous faire cette communication.

L'ordre du jour appelle les observations techniques de M. Piarron de Mondésir à propos du Mémoire de M. Louis Boudenoot sur la distribution de la force motrice à domicile, au moyen de l'air raréfié. La parole est à M. Piarron de Mondésir.

M. PIARRON DE MONDÉSIR. Rien de plus simple et de plus pratique que le système de M. l'ingénieur Boudenoot.

Un ouvrier parisien, qui travaille dans sa chambre, a besoin d'une force motrice, en général peu considérable, un dixième de cheval, et même moins, pour réaliser les merveilles de l'industrie parisienne, qui n'ont pas encore d'égales, malgré les efforts de la concurrence étrangère.

M. Boudenoot prend cette force motrice dans l'atmosphère elle-même de la chambre de l'ouvrier. Elle ne saurait être plus à sa portée.

La pression de l'atmosphère s'exerce sur la face amont d'un piston glissant dans un cylindre horizontal. Mais, pour que ce piston puisse progresser dans le cylindre, il est évident que la pression en aval doit être moindre que la pression en amont, c'est-à-dire inférieure à une atmosphère.

Cette pression aval est entretenue, aussi uniformément que possible, à un quart d'atmosphère, au moyen d'une pompe d'extraction, située dans une usine centrale, laquelle produit le vide relatif dans l'ensemble d'une canalisation dont les derniers rameaux remontent jusque dans les chambres des ouvriers et viennent se souder aux cylindres des *machines réceptrices* (C'est le nom que M. Boudenoot donne aux petits appareils mécaniques qu'il installe dans la chambre de l'ouvrier.)

Celui-ci possède alors une force motrice, de trois quarts d'atmosphère, qu'il utilise suivant les besoins de son industrie.

Outre sa simplicité, ce système comporte sur tous les autres un grand avantage : c'est qu'il est hygiénique, puisqu'il renouvelle l'air de la chambre de travail. Il tend même à le refroidir par suite du jeu de la détente de la machine réceptrice, comme nous le verrons tout à l'heure. Ce sera peut-être un petit inconvénient pendant l'hiver auquel il sera facile de remédier par le chauffage ; mais ce sera, à coup sûr, un grand avantage pendant l'été, puisque l'on aura ainsi une chambre de travail ventilée et rafraîchie, ce qui n'existe guère aujourd'hui dans l'industrie parisienne.

Quant à moi, qui me suis beaucoup occupé d'air comprimé, au point de vue théorique et même au point de vue de ses diverses applications, si l'on m'eût fait l'honneur de me consulter sur la question d'une distribution de force motrice dans les chambres des ouvriers parisiens, j'aurais certainement conclu en faveur d'une distribution d'air comprimé. Mais je me plais à reconnaître ici que l'air comprimé, distribué à domicile, ne peut être avantageux que dans le cas où l'on a besoin d'une force motrice assez considérable, et que pour les petites forces motrices nécessaires à l'industrie en chambre, il est préférable d'avoir recours à l'air raréfié, comme le fait M. l'ingénieur Boudenoot.

Après les considérations générales, j'aborde dans mon Mémoire la question technique que M. Boudenoot a traitée lui-même.

Je demande à mes auditeurs la permission de ne pas les fatiguer par la lecture de calculs abstraits, qu'il convient de lire à tête reposée, et de me borner aujourd'hui à un simple résumé.

1° Machines réceptrices. Pour calculer le plus simplement possible l'utilisation de la force motrice dans le cylindre de la machine réceptrice, je supposerai que la longueur de ce cylindre est λ, et que la section droite est d'un mètre carré.

Il s'agit alors de déterminer la longueur λ, correspondante au maximum de travail mécanique d'un mètre cube d'air atmosphérique.

Cet air sera d'abord introduit à pleine pression dans le cylindre sur la longueur 1 ; puis il se détendra sur la longueur $\lambda - 1$.

M. Boudenoot base son calcul de détente sur la loi de Mariotte, en faisant abstraction complète du froid de la détente.

Il arrive ainsi, en désignant par T le travail produit par un mètre cube d'air à la pression atmosphérique, à la formule,

$$(1) \qquad T = 1 + l.\lambda - \frac{\lambda}{4},$$

dans laquelle il faut prendre pour unité de travail la pression atmosphérique exprimée en kilogrammètres.

En différentiant l'équation (1), on reconnaît de suite que le maximum

de T correspondrait à une longueur, $\lambda = 4$, si les choses se passaient conformément à la loi de Mariotte. Mais comme les choses ne se passent pas ainsi, M. Boudenoot, après avoir interrogé l'expérience, a adopté pour λ la longueur $\frac{8}{3}$ au lieu de 4.

J'ai repris le calcul, en me fondant sur la loi nouvelle, que j'ai donnée dans mes *Dialogues sur la mécanique* et dans une communication à la Société en octobre 1881, et je suis arrivé à la formule,

$$(2) \qquad T = 2 - \frac{1}{\lambda} - \frac{\lambda}{4}.$$

Elle donne $\lambda = 2$, pour le maximum de T.

Dans cet appareil, où l'air serait introduit à pleine pression sur la longueur d'un mètre, pour se détendre ensuite sur une longueur égale, l'abaissement de température, produit par la détente, serait de 135 degrés, et la contre-pression à l'arrivée du piston au fond du cylindre serait nulle.

Pour la longueur $\lambda = \frac{8}{3}$, adopté par M. Boudenoot, le froid de la détente sera de 168°75, et la contre-pression serait de $\frac{7}{64}$, supérieure à $\frac{1}{10}$ d'atmosphère.

Enfin, pour la longueur $\lambda = 4$, le froid de la détente atteindrait 202°50, avec une contre-pression de $\frac{3}{16}$. Il est probable que, dans ce cas extrême, le piston n'arriverait pas à fond de course.

Telles sont les indications données par l'application de la nouvelle théorie.

La longueur, $\lambda = 2$, serait donc la plus favorable à l'expansion du travail mécanique, si l'appareil pouvait être constitué de manière à conserver à l'air moteur le froid intégral de la détente.

On voit en résumé que la différence essentielle entre l'appareil pratique de M. Boudenoot et l'appareil que je déduis de la théorie nouvelle, peut se définir le plus simplement possible de la manière suivante :

M. Boudenoot prend un cylindre d'une longueur quelconque ; il trace sur la génératrice huit divisions égales ; il introduit l'air atmosphérique du moteur à pleine pression sur les trois premières divisions ; puis il le laisse se détendre sur les cinq dernières. C'est la détente aux 5/8.

L'appareil théorique comporte le même nombre de divisions que celui de M. Boudenoot. Mais au lieu d'introduire à pleine pression sur trois divisions seulement, on introduit sur les quatre premières, et on laisse détendre sur les quatre autres. C'est une détente aux 4/8.

2° Machine d'extraction. Le problème à résoudre ici consiste à entretenir dans la canalisation une pression d'un quart d'atmosphère, aussi constante que possible, c'est-à-dire à rejeter en dehors, par un appareil extracteur, installé à l'usine centrale, la quantité d'air en excès refoulée par les machines réceptrices dans la canalisation, au fur et à mesure que cet excédent se produit.

Pour cela, M. Boudenoot emploie une pompe qui refoule l'air de la canalisation, le comprime et lui communique la pression nécessaire pour le rejeter dans l'atmosphère en forçant une soupape.

L'air ainsi comprimé et échauffé est refroidi au fur et à mesure par des injections d'eau froide.

C'est la compression dans un calorimètre qui enlèverait une notable portion de la chaleur de compression.

Alors M. Boudenoot se trouve autorisé, jusqu'à un certain point, à appliquer ici la loi de Mariotte.

Supposons que l'appareil d'extraction comporte un cylindre de 4 mètres de longueur, avec section droite d'un mètre carré, rempli d'air à 1/4 d'atmosphère. Le calcul de M. Boudenot, basé sur la loi de Mariotte, donne, pour le travail mécanique nécessaire, pour expulser dans l'atmosphère 4 mètres cubes d'air raréfié à 1/4 d'atmosphère :

$$(3)\quad T = l.\ 4 \times \omega = 1.386 \times 10\,368 = 14\,370 \text{ kilogrammètres.}$$

Il est à remarquer que ce travail est identique à celui que donne la formule (1), quand on y fait $\lambda = 4$.

Dans l'appareil pratique de M. Boudenoot, la chaleur de compression qui tend à augmenter la pression de l'air comprimé et par suite à faciliter sa sortie dans l'atmosphère par la soupape, n'est pas utilisée. Au contraire on cherche à la détruire par des injections d'eau froide, pour ménager les garnitures.

Je donne dans mon mémoire, la description d'un appareil purement théorique qui me permet de calculer le minimum mécanique nécessaire pour refouler dans l'atmosphère 4 mètres cubes d'air raréfié à 1/4 d'atmosphère.

Ce travail est égal à 10 368 kilogrammètres.

Il est à remarquer que ce travail minimum est précisément égal à celui que donne la formule (2), quand on y fait $\lambda = 2$.

Ici se terminent mes observations techniques.

Je considère en principe l'application de l'air raréfié comme très avantageuse pour la petite industrie parisienne. Je désire la voir se développer sur une grande échelle. Je suis persuadé que les promoteurs de ce nouveau système, en étudiant la question de plus près, parviendront à réaliser des améliorations. *(Applaudissements.)*

M. le Président remercie M. Piarron de Mondésir de ses obser-

vations. Son mémoire sera publié *in extenso* au Bulletin, où l'on pourra suivre ses calculs.

M. Boudenoot aurait bien voulu assister à cette séance; mais ses devoirs comme conseiller général du Pas-de-Calais l'ont forcé de partir ce matin même. Il m'a chargé d'exprimer tous ses regrets à l'Assemblée et à M. Piarron de Mondésir dont il s'empressera de lire les observations et les réflexions encourageantes, d'abord au procès-verbal et ensuite dans le Bulletin, et qu'il remerciera personnellement.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Mékarski lui a envoyé, il y a quelque temps, une lettre relative aussi au mémoire de M. Boudenoot, et où il défend la solution de la même question au moyen de l'air comprimé. La lettre de M. Mékarski sera publiée *in extenso* au procès-verbal, et M. Boudenoot pourra lui répondre s'il le juge convenable.

Lettre de M. Mékarski;

« Doulon, le 13 octobre 1885.

« Monsieur le Président,

» La communication de M. Boudenoot sur la distribution de la force motrice à domicile, au moyen de l'air raréfié, devant prochainement venir en discussion devant notre Société, je crois devoir présenter à ce sujet quelques observations dont je vous serais reconnaissant de vouloir bien faire donner lecture dans la séance où la question sera discutée.

» Le but que poursuit M. Petit, avec l'intelligente collaboration de M. Boudenoot, suffit assurément à mériter à leurs travaux les sympathies générales. Quelque opinion que l'on puisse avoir sur la valeur de leur procédé, on doit s'incliner devant l'idée qui les inspire et leur a fait, en somme, accomplir une œuvre éminemment utile, puisque un grand nombre de petits ateliers parisiens trouvent dès à présent avantageux de se servir de la force motrice mise ainsi à leur disposition.

» Ce succès industriel ne saurait toutefois empêcher les ingénieurs d'examiner si les moyens mis en pratique pour l'obtenir sont réellements rationnels et si l'on ne fût pas arrivé au même résultat, avec moins de frais, en restant dans une voie ouverte depuis longtemps.

» Dans la comparaison qu'il fait des divers systèmes de transmission des forces motrices, M. Boudenoot attribue à l'air raréfié, par rapport à l'air comprimé, divers avantages qu'il m'est vraiment impossible de lui reconnaître.

» A son avis, les machines à faire le vide seraient moins compliquées que les compresseurs d'air; la perte de charge dans la canalisation serait moindre avec l'air raréfié qu'avec l'air comprimé; enfin,

le prémier pourrait plus facilement que le second travailler avec détente.

» Ces suppositions sont-elles fondées ?

» M. Boudenoot paraît perdre de vue que le même poids d'air, sous n'importe quelle pression, travaillant ou non avec détente, fournit le même travail mécanique, dans les mêmes conditions d'expansion, lorsque le rapport de la contre-pression à la pression active reste constant.

» Ainsi, un kilogramme d'air à la pression atmosphérique, agissant sur un piston derrière lequel on entretient un vide de 3/4 d'atmosphère ou une contre-pression de 1/4 d'atmosphère, ne fournit ni plus ni moins de travail qu'un kilogramme d'air à 4 atmosphères agissant sur un piston soumis de l'autre côté à la pression atmosphérique.

» Inversement, le même poids d'air, pris dans une canalisation d'air raréfié à 1/4 d'atmosphère et refoulé dans l'air extérieur, absorbe pour cette opération autant de travail moteur que la compression de un kilogramme d'air atmosphérique, refoulé dans une canalisation à 4 atmosphères.

» Le rapport des pressions étant seul à considérer, tout système de transmission par l'air raréfié a exactement son équivalent dans un système fonctionnant par l'air comprimé.

» Bien que ce petit rappel aux principes ne me paraisse pas pouvoir rencontrer de contradiction, je ferai observer à ceux dont les idées ne seraient pas fixées sur ce point que le travail fourni par une masse d'air occupant le volume V, sous la pression p_0, à la température t_0, et agissant sur un piston soumis extérieurement à une contre-pression p_1, s'exprime, dans chaque cas particulier, par les formules suivantes :

» 1° Lorsque le fluide agit à pleine pression

$$T_1 m = V p_0 - V p_1 = V p_0 \left(1 - \frac{p_1}{p_0}\right) = 29{,}28\,\pi\,(273 + t_0)\left(1 - \frac{p_1}{p_0}\right) \quad (1)$$

π représentant le poids d'air employé ;

» 2° lorsque l'on détend complètement, c'est-à-dire de p_0 à p_1 et dans l'hypothèse où la température ne varierait pas (loi de Mariotte)

$$T_2 m = V p_0 \text{ log. nép. } \frac{p_0}{p_1} = 29{,}28\,\pi\,(273 + t_0) \text{ log. nép. } \frac{p_1}{p_0} \quad (2)$$

» 3° Dans les mêmes conditions, mais en admettant que la température s'abaisse suivant les lois de la thermodynamique.

$$T_3 m = A\,\pi\,c\,(t_0 - t_1) = 102{,}69\,\pi\,(273 + t_0)\left[1 - \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{0{,}29}\right] \quad (3)$$

» On voit que, dans toutes les hypothèses, le travail fourni est proportionnel au poids et ne dépend que de $\frac{p_1}{p_0}$. Il est donc constant pour une même valeur de ce rapport.

» Cela étant, la substitution de l'air raréfié à l'air comprimé ne peut avoir d'autre résultat que d'amener à forcer les dimensions des moteurs, de la canalisation et du compresseur.

» En quoi, d'ailleurs, sauf ses dimensions, ce dernier appareil peut-il différer dans les deux systèmes? Il comporte, évidemment, dans l'un et l'autre, une ou plusieurs soupapes d'aspiration, une soupape de refoulement, un piston dont la garniture doit présenter les mêmes garanties d'étanchéité, car celle-ci ne dépend également que du rapport et non de la différence arithmétique des pressions s'exerçant sur ses deux faces.

» A l'égard de la canalisation, si l'on veut que la perte de charge soit la même dans les deux cas, l'air raréfié à 1/4 d'atmosphère occupant un volume seize fois plus grand que son équivalent en air comprimé à 4 atmosphères, mais sa densité étant seize fois moins grande, il faudra que le diamètre de la conduite soit, pour le premier $\sqrt[5]{16} = 1.74$ du diamètre convenable pour le second.

» Enfin, en ce qui concerne le refroidissement qu'éprouve l'air comprimé pendant la détente, comme il est donné par la relation

$$\frac{273 + t_1}{273 + t_0} = \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{0.41} = \left(\frac{v_0}{v_1}\right)^{0.29}$$

» On voit qu'il doit être absolument le même pour l'air raréfié, à valeurs égales de $\frac{p_1}{p_0}$ ou de $\frac{v_0}{v_1}$.

» Il n'y a donc aucune raison sérieuse pour que le rendement soit plus élevé dans un système que dans l'autre. On sait, d'ailleurs, que celui de l'air comprimé peut être doublé, dans certains cas, par un réchauffage préalable, par voie de mélange avec une certaine proportion de vapeur.

» La conclusion de ce qui précède n'est-elle pas que, pour trouver les concours nécessaires à leur réalisation, les idées ont besoin de se présenter sous une forme nouvelle, avec un certain attrait de jeunesse, sans lequel elles ne rencontrent le plus souvent que l'indifférence.

» Combien de fois des savants distingués n'ont-ils pas mis en avant des projets en somme identiques à celui que MM. Petit et Boudenoot ont heureusement mené à exécution, avec une variante à laquelle ils n'attacheront sans doute pas toujours autant de valeur? Les avantages que les premiers attendaient de la réalisation de leurs projets étaient bien ceux que l'application faite par MM. Petit et Boudenoot ont mis en pleine lumière, mais, pour que des capitalistes y devinssent sensibles, il a fallu changer le nom, sans profit pour la chose.

» Veuillez bien agréer, Monsieur le Président, l'hommage de mes sentiments respectueux.

» L. Mékarski. »

M. LE PRÉSIDENT. L'ordre du jour appelle la communication de M. Cerbelaud sur l'*Emploi de la dynamite pour le sautage des grosses mines.* M. Cerbelaud a la parole.

M. CERBELAUD dit qu'on a beaucoup parlé, dans ces derniers temps, des gigantesques travaux sous-marins entrepris dans la rade de New-York, pour faire sauter les récifs de Hell-Gate (porte de l'Enfer), qui rendent la navigation difficile en cet endroit.

Sans parler de mines exceptionnelles comme celle de New-York, M. Cerbelaud constate que ce grand événement technique a appelé de nouveau l'attention sur les services que peuvent rendre les explosifs, employés en grandes masses, dans les travaux publics, pour le sautage des mines à forte charge ou « *grosses mines* ».

Il lui a paru, par suite, intéressant de dire quelques mots de divers types de mines qui, — pour être de proportions plus modestes, — se rencontrent plus souvent dans la pratique ordinaire des travaux.

Les exemples choisis par M. Cerbelaud se rapportent à des grosses mines pratiquées en Italie, sur l'initiative des sociétés de dynamite Nobel, dans le but de déplacer d'un seul coup, de grandes masses de terrain, et de se procurer, en même temps, des matériaux de construction.

Avant de rendre compte de ces opérations, il justifie le choix de l'explosif employé, qui est la dynamite n° 3 de Nobel, dont M. Brüll a donné précédemment la composition :

Nitrate de soude	70
Charbon	10
Nitroglycérine	20
	100

C'est un explosif à base active et à faible teneur en nitroglycérine.

Cette dynamite produira un effet utile plus considérable que la dynamite n° 1 à 75 0/0 de nitroglycérine, laquelle serait trop brisante et triturerait davantage la roche dans le voisinage immédiat de la charge, sans étendre au loin son action de rupture. La dynamite n° 3, au contraire, sans triturer autant que la précédente, amènera la disjonction du rocher, sa rupture en gros blocs dans un rayon plus étendu, et cela sans produire d'effets de projection.

A ce sujet, M. Cerbelaud dit quelques mots de l'ingénieuse théorie de Malher qui classe les dynamites, au point de vue de leur action, en dynamites *fortes* ou *brisantes* et en dynamites *faibles* ou *poussantes*. La dynamite n° 3 est dans cette dernière catégorie.

M. CERBELAUD arrive ensuite à la description des grosses mines dont il est question plus haut. Il s'occupera successivement de la mine de Vado pour les travaux du port de Savone, de celle de Gênes également pour les travaux du port de cette ville, et des mines du Bruciato et du Lo-

drino pour la construction de forts exécutés en Ligurie par le génie militaire italien.

Il donne seulement la description détaillée de la première de ces mines et les résultats obtenus par le sautage des autres. Ces dernières sont, du reste, décrites en détail dans le mémoire.

A Vado, la chambre de mine fut établie dans une galerie en zigzag de 21 mètres de développement, et à 36 mètres au-dessous du sommet de la carrière. La charge, calculée au moyen de la formule $P = \frac{2}{3} c\, m^3$ (1) fut fixée à 3,000 kilogrammes de dynamite n° 3. L'amorce était formée par du fulmicoton, placé au centre de la charge et mis en communication avec des capsules reliées, à leur tour, à des fils électriques et à une mèche en gutta-percha. Le bourrage fut constitué par une maçonnerie solide, d'abord en mortier de ciment, puis à pierre sèche, consolidée par des angles en charpente, et remplissant une grande partie de la galerie d'accès. L'explosion eut lieu le 8 juillet 1883. Elle réussit parfaitement et produisit 20,000 mètres cubes de déblais, sans aucun effet de projection. La fabrique de dynamite d'Avigliana, près Turin, avait fourni l'explosif nécessaire et exécuté le sautage pour la somme à forfait de 4,000 francs.

La mine de Gênes fut encore plus importante. On y employa 5,000 kilogrammes de dynamite n° 3, et, en raison des excavations que présentait déjà le front de la carrière, on obtint le cube énorme de 120,000 mètres de déblais. Cette mine fut exécutée dans les mêmes conditions que la précédente, pour la somme de 8,000 francs.

Au Bruciato et au Lodrino, les mêmes procédés furent suivis avec le même succès.

Au Bruciato, la mine fut chargée de 1,500 kilogrammes de dynamite. Au Lodrino, on pratiqua trois fourneaux qui reçurent respectivement 1,500 kilogrammes, 1,300 kilogrammes et 1,600 kilogrammes d'explosif, soit au total 4,400 kilogrammes. L'explosion de ces trois fourneaux eut lieu simultanément, les effets de projection furent nuls.

M. Cerbelaud ajoute qu'il n'a pas été possible de déduire des exemples qui précèdent un détail des prix de revient de chaque opération; mais on peut affirmer, par l'expérience acquise dans les travaux de sautage auxquels ceux qui précédent ont servi de types, que le prix de revient des matériaux extraits au moyen de grosses mines varie entre 0 fr. 15 et 0 fr. 20 le mètre cube de déblais produit sur le carreau de la carrière, lesquels peuvent renfermer jusqu'à 80 pour 100 de matières utilisables. Quant au rendement, il peut atteindre, pour les mines bien faites, 15 à 20 mètres cubes par kilogramme de dynamite employée.

1. Dans cette formule, P représente le poids de la charge en kilogrammes ; c est un coefficient, déterminé par l'expérience, et variant suivant la nature du terrain et celle de l'explosif employé ; m est la ligne de moindre résistance en mètres.

M. Cerbelaud conclut en recommandant l'emploi des grosses mines comme étant de nature à faire réaliser de sérieuses économies dans l'exécution des grands travaux publics.

Puis, il dit un dernier mot de l'explosion de Hell-Gate, et justifie le procédé suivi par le général Newton, qui n'a pas pratiqué, pour ce sautage, des grosses mines comme celles décrites ci-dessus, parce que, dans ce cas, il fallait triturer le plus possible la roche pour débarrasser la rade des récifs qui l'obstruent, et non se procurer des blocs utilisables. Le général Newton a dû, pour cela, créer de nombreux centres d'explosion ou de *trituration*, — selon l'expression de Malher, — c'est ce qui explique le prodigieux travail de perforation qu'il a dû effectuer préalablement pour loger ses 45,000 cartouches.

De là aussi une autre grosse difficulté relative au mode de sautage et l'adoption de ce moyen, exact au moins en théorie, de l'explosion *par influence*.

M. Cerbelaud termine en rendant hommage à notre éminent collègue, M. Alfred Nobel, qui, le premier, a doté le génie civil de la dynamite, ainsi qu'aux ingénieurs, — et parmi eux se trouvent plusieurs de nos collègues, — qui en ont vulgarisé l'emploi. (*Applaudissements.*)

(Le mémoire de M. Cerbelaud sera inséré *in extenso* dans le Bulletin, avec les croquis nécessaires.)

M. le Président. Je remercie M. Cerbelaud de son intéressante communication qui complète... qui continue, pour mieux dire, les communications faites à la Société, depuis plusieurs années, sur ce même sujet des explosifs et, en particulier, des dynamites.

Quelqu'un demande-t-il la parole?

M. Chalon veut faire une observation. A Hell-Gate, ce n'est pas de la dynamite qu'on a employée, c'est du rackarok.

M. Cerbelaud. Parfaitement; aussi, en parlant de Hell-Gate, je n'ai pas dit *dynamite*, je me suis servi à dessein du mot *explosif*. Et, si vous voulez bien vous le rappeler, j'ai ajouté : les explosifs modernes sont seuls capables de rendre ces immenses services; j'ai voulu dire par là les nouveaux explosifs, comme la dynamite et celui que les Américains ont appelé rackarock. Je crois que ce dernier doit renfermer de la nitro-benzine.

M. Chalon. C'est un mélange de nitro-benzol et de chlorate de potasse.

Je voulais dire aussi, pour répondre à une remarque de M. Cerbelaud relative au sautage par petites mines, que ce procédé n'a pas été employé particulièrement dans le but de broyer les roches, mais surtout afin d'éviter les effets d'une commotion trop violente, effets qui eussent été dangereux pour la ville de New-York.

Quant au broyage des roches, je crois que les grandes mines par charges compactes eussent donné un meilleur résultat. Les dernières nou-

velles de New-York nous apprennent, en effet, qu'à la suite du sautage du Flood-Rock, on a trouvé d'énormes blocs, dont un de 50 tonnes environ, qu'il sera impossible d'enlever à la drague.

Ce n'était donc pas précisement pour faciliter le dragage qu'on a employé les petites mines, mais pour éviter, comme je viens de le dire, une commotion qui aurait été terrible pour New-York.

Quant à la troisième observation de M. Cerbelaud, relative à l'explosion par influence, je dois dire que l'explosion par influence n'est plus une question théorique, mais un fait pratique parfaitement acquis. Toutes les explosions ont été faites par influence ; on avait disposé une grande quantité de mines, et c'est par influence qu'on a fait sauter ces mines.

M. Cerbelaud regrette que notre vice-président, M. Brüll, ne soit pas ici, car il lui disait encore aujourd'hui qu'il regardait comme une idée un peu américaine cette influence pour le sautage des mines, et surtout la disposition adoptée par le général Newton consistant à remplir complètement d'explosif le trou de mine et même à faire émerger l'explosif au dehors. Généralement, quand on fait un trou de mine, on le fait d'une profondeur déterminée par des raisons théoriques, et on place l'explosif au fond du trou : on ne songera jamais à le mettre à l'entrée, attendu que l'explosif placé ainsi ne remplira pas le but; quant à celui qui sortira du trou, je ne sais pas ce qu'il pourra produire.

M. Chalon. On a fait sauter toutes ces mines par influence. Ce n'est pas de la théorie, c'est de la pratique.

M. Cerbelaud ajoute que sa communication n'avait pas pour but de parler du beau sautage de Hell-Gate ; cependant, puisque nous sommes sur ce sujet, il lui semble que la quantité énorme d'explosif employée par le général Newton n'a pas servi tout entière au sautage; et il croit se souvenir que, dans les récits qu'il a lus de cette opération, tout le monde est d'accord pour dire qu'après que le premier nuage de vapeur d'eau, d'eau pulvérisée plutôt, se fut dissipé, il s'éleva dans l'air une colonne de vapeurs nitreuses. Ne serait-elle autre chose que le résultat de la combustion subséquente d'une partie de l'explosif qui n'aurait pas produit son effet?

M. Chalon. Tous ces phénomènes sont subséquents dans les explosions sous-marines ; c'est une règle générale.

M. Cerbelaud. Cela n'enlève rien à ma conviction que peut-être toutes les cartouches n'ont pas atteint le but proposé.

Vous m'avez fait une autre objection : si vous voulez bien me la rappeler ?

M. Chalon. J'ai dit que la multiplicité des mines avait eu surtout pour but d'éviter la commotion.

M. Cerbelaud, sur ce point, n'est pas tout à fait de l'avis de son collègue ; car, dans les mines dont il a parlé et qui sont redoutables, quoique plus modestes, entre autres celle de Gênes, où il y avait 5,000 kilo-

grammes d'explosif, on peut voir sur les photographies exposées sur le bureau qu'il existait des constructions dans le voisinage. La Société de dynamite avait pris tout à sa charge, et les constructions voisines n'ont pas été affectées par l'explosion.

L'usage d'une dynamite faible pour charger de grosses mines évite toute espèce de projection. Il est douteux que, si on employait des charges comme celles de New-York, on eût un résultat aussi peu violent qu'avec 5,000 kilos de dynamite ; mais enfin, avec l'emploi de la dynamite n° 3, il n'y a jamais de projection. Il est probable qu'à New-York, cela se serait produit comme sous toute autre latitude.

M. Chalon. On ne pouvait pas, et on ne devait pas, exposer une ville aussi considérable que New-York, aux effets d'une violente commotion. Le général Abbot, chef du service des torpilles aux États-Unis, et le général Newton, ont acquis, depuis quinze ans, une très grande expérience en matière d'explosions; et c'est la pratique seule, non la théorie, qui les a conduits à employer, de préférence à tout autre, le système des sautages par petites mines simultanées.

M. Cerbelaud. Il n'y a pas de comparaison possible à établir entre les travaux exécutés par le général Newton et les travaux *industriels* dont j'ai essayé de vous rendre compte, parce qu'à New-York, il fallait à tout prix débarrasser la rade des récifs qui l'obstruaient. Or, la question d'argent était secondaire ; les Américains n'ont pas regardé à la dépense; quand les travaux de dragage seront faits, dix millions auront été dépensés.

J'ai parlé tout à l'heure du génie militaire, au sujet du prix de revient ; il s'agit là encore de travaux exécutés par le génie, et la dépense n'est pas entrée en ligne de compte ; cela a été une question secondaire. D'après les renseignements donnés par les organes techniques, les crédits votés primitivement ont été largement dépassés; il a fallu procéder par crédits successifs, et on n'est pas au bout. Ce ne sont pas là évidemment des travaux industriels pour lesquels il faut établir un prix de revient.

M. Georges Bianchi veut faire une observation relative à l'explosion des mines pour obtenir des pierres pour la construction. Dans le Brésil, il a eu occasion d'exécuter un pont dont les fondations étaient faites avec des pierres provenant d'explosions produites avec de la dynamite n° 3. Au bout de quelque temps, des affaissements se sont produits dans les fondations du pont, et on s'est aperçu que les matériaux avaient été attaqués par la dynamite. Il pense que la poudre comprimée est de beaucoup préférable.

M. Cerbelaud n'a pas voulu ouvrir une discussion, qui pourrait être très longue, sur les avantages comparés de la dynamite et de la poudre. La dynamite n° 3 est un explosif lent, la poudre est un explosif encore plus lent. Il y a des cas où la poudre, qui est un explosif

lent, est à recommander de préférence. Ce fait se produit, par exemple, dans les carrières que les ingénieurs civils ont eu l'occasion de visiter en Belgique, lors de leur dernière excursion, et dont M. Brüll a parlé : les carrières de porphyre de Quenast, où l'on fabrique spécialement des pavés. A Quenast, après avoir essayé tous les systèmes d'explosifs, on est revenu à l'emploi de la poudre, parce que, avec les autres explosifs, il se produit, dans les déblais, des fissures qui ne seraient pas gênantes pour des matériaux d'enrochement, mais qui se révèlent sous le choc du marteau; lorsqu'on fabrique des pavés, par exemple, il se détache un angle, qui correspond à un clivage opéré par l'effet de l'explosion.

Dans les fondations du pont dont parle M. Bianchi, il est probable qu'on avait employé des charges trop fortes ou un explosif trop brisant.

M. Georges Bianchi. Quand on a commencé à frapper la pierre avec le marteau, la désorganisation s'est produite. Cela se produit principalement sur le granit porphyrique.

M. Cerbelaud. Cela n'a pas de rapport avec les mines dont j'ai parlé et qui étaient destinées à produire des matériaux d'enrochement qui devaient être ensuite coulés dans la mer pour construire les môles, les jetées des ports de Savone et de Gênes.

M. de Cordemoy voudrait prier M. Cerbelaud de bien insister sur la différence entre les mines qu'il a citées et celles de Flood-Rock. Il croit, contrairement à l'opinion de notre collègue, que le général Newton, par son dispositif, a voulu non seulement éviter la trépidation des terrains avoisinants, ce qui est surtout une affaire de direction des couches géologiques, mais surtout préparer les déblais pour le dragage ultérieur. Si vous voulez avoir des matériaux qui puissent servir à la construction, employez la dynamite n° 3 et les fortes mines; mais si vous voulez draguer après, ne recourez qu'à la dynamite n° 1, ou mieux encore à la dynamite-gomme, et enflammez en même temps de nombreuses mines rapprochées, ce qui en augmentera le rendement de 20 et même de 30 p. 0/0.

La théorie de Malher est en effet exacte. La dynamite n° 3 donne moins de trituration et plus de rupture. Or, c'est le contraire que l'on cherche dans les dragages, car draguer des blocs même d'un demi-mètre cube, c'est une grosse affaire, surtout s'ils se touchent. Il faut donc les briser comme je viens de le dire, et je ne saurais trop insister sur les mines simultanées, le plus grand nombre d'ailleurs partant *par influence*, car la dynamite détone *par influence*; il est facile de s'en convaincre : en plaçant à la file des cartouches espacées de 50 centimètres, et en allumant la première, toutes partiront en même temps. Il faut insister sur ce fait, important à savoir à cause de l'emplacement des dépôts de dynamite.

J'ai encore une autre observation à présenter. On a employé, dites-vous, comme amorce, de la dynamite-gomme; c'est une faute; heureusement, on y a ajouté beaucoup de fulmi-coton; c'est lui qui a été l'amorce.

La dynamite-gomme, en effet, justement parce qu'elle est un produit très stable, ne détone qu'avec difficulté; et pour la faire partir, on est obligé de mélanger à ses cartouches des cartouches de dynamite n° 1, en outre des amorces. C'est même ce qui fait qu'en définitive, la gomme n'est pas employée avec plus d'avantage que la dynamite ordinaire sous l'eau, comme durée de conservation, puisqu'on est obligé de se servir de celle-ci simultanément.

M. Cerbelaud. Dans les faits qui nous occupent, il ne s'agit pas de mines sous l'eau.

M. de Cordemoy. Non. Mais, dans tous les cas, il ne faut pas se servir de gomme comme amorce, à moins de lui ajouter beaucoup de fulmicoton. Ce que j'ai tenu surtout à établir, c'est qu'il ne faudrait pas être exclusif, car la dynamite n° 3, qui est bonne dans certains cas, ne le serait pas pour des mines sous-marines.

M. Cerbelaud. Notre collègue abonde dans mon sens, et, pour lui donner satisfaction, je n'ai qu'à relire un des derniers paragraphes de ma communication.

« Le général Newton n'a pas pratiqué pour ce sautage des grosses » mines en chambres et en galeries, parce que, dans ce cas, il fallait tri- » turer le plus possible la roche pour débarrasser la rade des récifs qui » l'obstruent et non se procurer des blocs utilisables. »

Ce n'est pas autre chose que ce que vous venez de développer.

M. Cerbelaud. « Le général Newton a dû pour cela créer de nombreux » centres d'explosion,—ou de trituration, suivant l'expression de Malher. » — c'est ce qui explique le prodigieux travail de perforation qu'il a dû » effectuer préalablement pour arriver à loger ses 45,000 cartouches. »

Cela est donc parfaitement dans le sens de votre observation.

Quant à la dynamite-gomme, employée comme amorce, je ne suis pas aussi exclusif que vous l'êtes; il suffit, pour faire partir les cartouches de gomme, d'employer des capsules appropriées.

Avec des capsules extra-fortes, on obtient parfaitement l'explosion des cartouches de dynamite-gomme. M. Aug. Moreau, notre collègue, peut répéter ce qu'il a dit ici à ce sujet. Quand on emploie la dynamite-gomme, à l'exclusion d'autres dynamites, c'est la dynamite-gomme elle-même qui sert d'amorce; il n'est pas nécessaire d'employer des amorces spéciales.

Dans les chantiers, il arrive parfois que les ouvriers coupent une cartouche en deux pour faire une amorce.

M. de Cordemoy. La compagnie Nobel elle-même, dans ses prospectus, recommande d'ajouter des cartouches de dynamite n° 1 à celles de gomme. Pour mon compte, je n'ai jamais pu réussir autrement; et l'on s'exposerait, en employant la gomme seule, à de nombreux ratés.

M. Cotard. A cette occasion, je voudrais rappeler un fait qui confirme l'utilité des explosions nombreuses, qui s'est passé à ma connaissance, et

auquel j'ai participé de mes mains au moment de l'inauguration du canal de Suez; quelques semaines auparavant, lorsque les souverains étaient déjà en marche pour venir inaugurer le canal, il s'est trouvé, entre deux sondages, une roche très dure qui affleurait à quatre mètres du niveau de l'eau. Il fallait avoir un tirant d'eau de sept mètres pour permettre le passage des navires. Nous avons été pris de très court; nous n'avions pas à cette époque de dynamite à notre disposition, et nous avons été obligés d'employer la poudre. Nous en remplissions de grands bidons de 100 à 150 litres que l'on descendait sur la surface de la roche. A ces bidons étaient soudés des tubes assez longs pour que leur extrémité dépassât le niveau de l'eau. Dans ces tubes descendait la mèche qui mettait quelques minutes à brûler pendant lesquelles on avait le temps de s'éloigner. Nous étions arrivés à faire ainsi plusieurs explosions par heure et en travaillant ainsi jour et nuit, nous sommes parvenus, au moyen de ces coups de pilons répétés et rapprochés les uns des autres, à pulvériser et à abaisser peu à peu ce rocher de gypse sur trois mètres d'épaisseur.

Je me permets de rappeler ce fait, parce qu'il montre que, même lorsqu'on ne peut agir qu'à la surface d'une roche, les explosifs peuvent avoir d'excellents effets. J'ajouterai que les explosions qui avaient le moins d'effet étaient celles qui produisaient les plus forts soulèvements d'eau. En voyant les dessins figurant l'explosion d'Amérique, j'ai été étonné de voir le soulèvement d'eau qu'elle a produit; car, les coups dont je parle, qui ont été les plus efficaces, occasionnaient seulement un frémissement sur l'eau, mais sans aucune projection.

M. Cerbelaud est heureux de ce que vient de dire M. Cotard, parce que cela confirme une observation à laquelle il a répondu tout à l'heure, lorsqu'il a rappelé que le travail du général Newton n'était que la continuation des travaux primitifs entrepris en 1858 par un de nos compatriotes, M. Maillefert; et précisément, il a lu, ces jours-ci, que le moyen employé par M. Maillefert pour commencer le dérochement de Hell-Gate, était justement le procédé indiqué par M. Cotard. Il perforait le rocher peu à peu à la surface, et descendait des cylindres de poudre qu'il faisait sauter; et, petit à petit, il a commencé ainsi le dérochement de la passe; et peut-être qu'en continuant de cette façon-là, on serait arrivé, surtout par l'usage des nouveaux explosifs, à avoir aujourd'hui le même résultat, avec une dépense beaucoup moins considérable. *(Applaudissements.)*

M. le Président. Messieurs, je crois que la discussion peut être fermée; elle a été très intéressante et a bien accompagné la communication de M. Cerbelaud.

M. le Président rappelle que la Société a à voter sur l'admission de M. H. de Matthys comme membre honoraire.

Le scrutin est dépouillé et M. le Président proclame M. H. de Matthys membre honoraire.

M. Fragneau a été reçu membre sociétaire.

La séance est levée à onze heures et quart.

DES FORCES MUTUELLES

et de leurs applications

aux phénomènes mécaniques, physiques et chimiques,

Par M. P. BERTHOT

Tantum elementa queunt permutato ordine solo.
At rerum quæ sunt Primordia, plura adhibere
Possunt, unde queant variæ res quæque creari.
T. Lucretii Cari. I, vers. 827 et s.
DE RERUM NATURA.

C'est en pensant à la formule de Newton, qui ne trouve pas son application à des distances moléculaires, c'est en pensant à la porosité des corps, que nous avons été amené à poser la formule suivante :

$$F(x) = K m m' \frac{d - x}{x^3},$$

formule, dans laquelle $F(x)$ représente l'action mutuelle de la masse m sur la masse m' et qui, disons-le de suite, devient la formule de Newton, quand d (distance moléculaire) est négligeable par rapport à x, distance d'ailleurs quelconque de m et de m'.

Cette formule peut s'établir par les considérations suivantes :

Si nous supposons deux masses m et m' liées entre elles dans la direction de l'axe des x par une force qui tende à les amener au contact, et, si nous interposons entre ces deux masses une autre force agissant en sens contraire et empêchant ce contact, il s'établira un état d'équilibre pour une distance d, que nous appellerons distance moléculaire.

On peut matérialiser ce système en réunissant deux billes d'ivoire avec un ressort pouvant les amener au contact l'une de l'autre, et en interposant entre elles un autre ressort empêchant ce contact.

Si nous représentons par $F(x)$ la résultante inconnue de ces ressorts pour une distance quelconque, x des masses m et m', cette fonction devra :

1° Etre proportionnelle au produit des masses m et m', afin de tenir compte de leurs actions réciproques ;

2° S'annuler pour $x = d$, c'est-à-dire avoir pour racine algébrique $(d - x)$.

Nous pourrons donc écrire :

$$F(x) = mm'(d - x)\varphi(x).$$

Si maintenant nous supposons que l'action de la résultante, au lieu d'être transmise aux masses par des ressorts, le soit, dans l'espace, au moyen d'intermédiaires tous égaux et parfaitement élastiques, ces organes de transmission se répartiront également entre eux et par couches concentriques le travail réel ou virtuel correspondant aux forces vives des masses m et m'. En conséquence, ces masses s'actionneront mutuellement en raison inverse du nombre d'intermédiaires contenus dans une sphère ayant la distance x pour rayon ; nous sommes donc autorisés à écrire :

$$\varphi(x) = \frac{\chi(x)}{\frac{4}{3}\pi x^3}$$

d'où :

$$F(x) = mm' \frac{d-x}{\frac{4}{3}\pi x^3}\chi(x).$$

Nous ne pouvons plus maintenant que faire des hypothèses successives sur $\chi(x)$ et rechercher celle de ses hypothèses qui donnera des résultats conformes aux lois de la physique.

Commençons par la plus simple, c'est-à-dire :

$$\frac{\chi(x)}{\frac{4}{3}\pi} = K ;$$

nous aurons la formule empirique :

$$(1) \quad F(x) = Kmm' \frac{d-x}{x^3}.$$

Dans deux notes, qui ont eu les honneurs de l'impression dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences du 30 juin 1884 et du 20 avril 1885, nous avons fait l'étude analytique de cette fonction et nous allons résumer ici les conclusions formelles qui

s'en déduisent mathématiquement et qui sont utiles pour l'étude des applications que nous allons présenter. Les calculs justificatifs complets, extraits des Comptes rendus, sont reproduits dans les notes placées à la fin du mémoire.

I. La fonction (1) représente la différence d'une hyperbole du 4e degré et d'une hyperbole du 3e degré. Si on construit la courbe, en bornant l'examen à celui des x positifs (les valeurs négatives ne donnant que des solutions algébriques), on obtient le tracé de la Fig. 1 (Pl. 107), dans lequel les valeurs positives de y donnent la force répulsive, et les valeurs négatives la force attractive (voir Note I).

II. La somme des travaux de la force répulsive depuis $x = \frac{d}{2}$ jusqu'à $x = d$ est égale à la somme attractive depuis $x = d$ jusqu'à $x = \infty$ (voir Note II).

III. — Si on considère trois molécules égales, m, m', m'' (fig. 2) placées originairement sur une même droite à une distance d l'une de l'autre, la molécule m'' sollicitée par l'action attractive de m, ne pourra rester en équilibre et se rapprochera de m'; mais l'action répulsive de m' sur m'' se developpera et m'' atteindra une position d'équilibre en un point C' tel que $C'K = C'L$. Remarquons qu'il se sera produit dans ce cheminement un travail négatif représenté par la surface $C'CK$ et un travail positif beaucoup plus considérable représenté par la surface $C'CLN$. Par conséquent, pour ramener la molécule dans sa position primitive d'équilibre, il faudra lui fournir un travail représenté par la surface CLN, la ligne courbe CL étant symétrique de la ligne CK.

IV. — La sommation des valeurs de $C'K$, en supposant un nombre infini de molécules placées en ligne droite, donne une quantité finie, correpondant à une valeur de $x = 0{,}731{,}735\,d$, (maximum de contraction possible) (voir Note III).

V. Si on prend successivement un nombre de molécules

1.	2.	6.	10.	20.	40.	∞

On trouve pour les contractions :

1.	0,90	0,80	0,77	0,75	0,74	0,73

qui correspondent à une somme de forces attractives.

0.	0,137	0,391	0,504	0,592	0,631	0,688

Il suffit donc de considérer au point de vue graphique un petit nombre de molécules pour pouvoir déterminer les lois résultant de l'action d'un nombre infini de molécules placées en ligne droite, et, en vertu de la proposition VII, celles d'un corps solide.

VI.— Si on considère une file de molécules s'étendant indéfiniment à gauche d'une molécule m, il existe à droite de cette molécule et sur la même droite un maximum d'attraction situé à une distance $x = 0{,}47\,d$ et le minimum de la courbe est placé à une distance $1{,}47\,d$ au lieu de la distance $\frac{3}{2}$ obtenue quand on ne considère que deux molécules (voir Note IV).

Cette proposition étant étendue aux corps solides par la proposition VII, on doit considérer les corps solides comme entourés d'une auréole attractive.

VII. — L'action d'un corps quelconque formé de files de molécules parallèles à trois plans donnés, sur une molécule extérieure M, est la même que celle d'une file de molécules passant par M et perpendiculaire à l'un des plans. Elle donne en outre deux composantes dirigées suivant des perpendiculaires aux autres plans. Ces composantes s'annulent dans le cas où les plans primitifs sont perpendiculaires entre eux et si, en même temps, $m = m'$ (voir Note V).

VIII. d (distance moléculaire) est une Constante de la Nature, c'est-à-dire a la même valeur pour tous les corps (voir Note VI).

Ces préliminaires étant établis, nous allons passer à la discussion de la formule en distinguant d'abord deux cas :

1° Celui ou m et m' n'ont pas de vitesse initiale ;

2° Celui ou m et m' ont une vitesse initiale.

PREMIÈRE PARTIE

m ET m' N'ONT PAS DE VITESSE INITIALE

Pour simplifier la discussion, nous diviserons cette première partie en deux chapitres :

Chapitre I : d est négligeable par rapport à x.

Chapitre II : d n'est pas négligeable par rapport à x.

CHAPITRE PREMIER

d est négligeable par rapport à x

Dans ce cas, nous remarquons que nous pouvons mettre la formule sous la forme suivante :

$$F(x) = K\frac{m\,m'}{x^2}\left[\frac{d}{x} - 1\right].$$

Si $\frac{d}{x}$ est négligeable par rapport à l'unité, on a :

$$F_1(x) = -K\frac{m\,m'}{x^2}. \qquad (2)$$

Cette expression donne :

1° *La loi de Newton* avec toutes ses conséquences et parmi celles-ci, ainsi qu'on le sait ;

2° *Les lois de la pesanteur* (voir Note VII).

L'erreur commise est égale à $\frac{d}{x}$, et l'erreur relative n'affecte que la troisième décimale si on prend $x = 1{,}000\,d$, quantité jusqu'à présent inaccessible à nos mesures. Il faut remarquer toutefois que si on néglige d, on doit considérer les corps comme non poreux et m et m' sont égales aux masses totales des corps considérés.

CHAPITRE II

d *n'est pas négligeable par rapport à x*

Les phénomènes résultant de cette hypothèse étant très nombreux, nous établirons les deux subdivisions suivantes :

§ 1, on ne tient pas compte des valeurs relatives de m et de m';

§ 2, on tient compte des valeurs relatives de m et de m'.

§ I.

ON NE TIENT PAS COMPTE DES VALEURS RELATIVES DE m ET DE m'

Propriétés générales de la matière. — Changements d'état.

Nous avons vu que l'action des molécules d'un corps les unes sur les autres, mesurée suivant une direction donnée, peut être ramenée à celle d'une file de molécules équidistantes (proposition VII) ; nous avons vu également qu'en l'absence de force ou de travail extérieurs suffisants, ces molécules se rapprochent jusqu'à une distance $x = 0{,}73273\ d$, et dégagent chacune séparément un travail égal à la surface CLN. (III et IV).

Ce cas correspond évidemment à celui des corps solides au 0° absolu et se traduit géométriquement par un déplacement parallèle de l'axe des x de O en O', puisque c'est en ce dernier point que l'équilibre a lieu entre les forces attractives et répulsives (fig. 2) (1).

CORPS SOLIDES

3° Si donc on fait agir, à un moment quelconque, une force également quelconque, sur un corps solide, c'est-à-dire sur la file de molécules qui le représente, il se produira un déplacement Δx qui engendrera un travail *déterminé* E. Réciproquement, il faudra toujours dépenser le même travail E pour produire le même déplacement Δx, ce qui permettra d'établir *l'équivalence des forces naturelles*.

4° Des portions successives de la courbe pouvant s'assimiler à des lignes droites d'inclinaison peu variable, jusqu'aux environs du point T (fig. 2), il en résulte que le rapport de l'allongement de la file de molécules à un effort extérieur de traction est à peu près proportionnel à cet effort. Toutefois, ce rapport va constamment en croissant. Au point T, l'allongement devient infini pour une très petite variation de l'effort, ce qui caractérise *la rupture*. On retrouve ainsi très exactement :

Les lois de l'élasticité de rupture représentée par la formule connue $I = \frac{Fli}{S}$ dans laquelle I représente l'allongement total, F l'effort

1. (Fig. 2, Pl. 107.) — L'axe O'' X'' doit passer par le point N au lieu de passer par le point L.

de traction, S la section, L la longueur et i l'allongement de l'unité de longueur sous l'unité de charge.

On peut du reste remarquer la parfaite similitude de la courbe K T avec les courbes expérimentales de la résistance des matériaux.

5° L'auréole attractive qui existe en dehors des corps (VI) diminue la cohésion des molécules superficielles ; par conséquent, une force suffisante, mais inférieure à celle qui produirait la rupture des molécules intérieures, fera glisser et prendre un nouvel état d'équilibre aux molécules extérieures. Dans ces circonstances, les corps sont déformés et, par suite, ils possèdent : *une limite d'élasticité permanente.*

6° Si cette action est prolongée, toutes les molécules pourront successivement subir ce déplacement et nous serons en présence du phénomène étudié par notre Illustre et Vénéré Maître M. Tresca, sous le nom *d'écoulement des solides.*

7° Si on soumet un corps solide à un effort de compression *croissant,* on voit qu'il sera promptement désagrégé, car la force répulsive croit rapidement jusqu'à l'infini et la force attractive qui *réunit ses molécules a une valeur finie.*

8° Chaque molécule ne recevant d'action répulsive que de ses voisines immédiates, si, par un artifice quelconque, on enlève une molécule à la surface d'un corps solide, le travail latent de solidification sera mis en liberté ; comme il ne peut s'anéantir, il se traduira par un dégagement de chaleur ou d'électricité produisant ou capable de produire un travail équivalent.

Les intensités relatives de ces deux phénomènes (dégagement de chaleur et d'électricité) paraissent être liées entre elles par la différence de conductibilité des molécules intérieures et des molécules extérieures moins condensées. Dans tous les cas, l'ensemble des faits est connu sous le nom de : *Loi de Joule.*

9°, 10° Il est clair que si des forces extérieures exerçaient leurs actions sur les molécules avant l'application d'une nouvelle force, il serait facile de tenir compte de ces actions en déplaçant l'origine O' d'une quantité représentant la valeur de ces forces. Ainsi se trouve démontrée *l'influence de la température sur les coefficients d'élasticité et sur le dégagement du travail qui a lieu d'après la loi de Joule.*

Fournissons maintenant à chacune des molécules m et m', m'' (fig. 2) le travail supplémentaire C L N indiqué dans la proposition III ; nous avons un nouvel état d'équilibre correspondant à l'état liquide, et le travail C L N représentera la chaleur latente de fusion. Géométriquement, l'axe des x est transporté parallèlement à lui-même à une distance A O″ = C N. Remarquons en outre que toute contraction a disparu, c'est-à-dire que les molécules, au lieu d'être à une distance 0,73...d, sont à une distance égale à d.

Un examen de la figure ainsi obtenue donne immédiatement, *de visu*, les lois suivantes :

11° *La cohésion des liquides est beaucoup plus faible que celle des solides* puisqu'elle est représentée par l'ordonnée Q R beaucoup plus petite que l'ordonnée K L qui convient aux solides ;

12° *Par suite, l'auréole attractive des liquides est également plus faible que celle des solides ;*

13° *Leur compressibilité, quoique un peu plus grande que celle des solides, leur est comparable ;*

14° *Le point de fusion est fixe pour chaque substance*, car il est donné par une valeur déterminée *CN* de l'ordonnée de la courbe ;

15° *La fusion commencée, la température des corps ne s'élève plus*, car le point N (fig. 2) ne saurait être dépassé sans changement d'état (v. pag. 611). A partir de ce moment, tout travail calorifique ne peut plus servir qu'à rendre l'équilibre stable et passe par conséquent à l'état de calorique latent ou potentiel de fusion;

16° Les tangentes en allant du point *N* au point *I* (fig. 2) sont de signe contraire à celui des tangentes de *I* à *T* ; il s'ensuit que, le signe négatif de ces dernières convenant *aux dilatations*, le signe positif des premières indiquera *une contraction* ; par conséquent, toute première addition de chaleur, à partir du point de formation des liquides, produit une contraction, souvent très appréciable, comme dans le cas de l'eau (maximum de densité de l'eau) et dans le cas des métaux qui flottent sur leur bain métallique (platine, bismuth, etc).

17° Ainsi que nous l'avons remarqué ci-dessus (9° et 10°), on peut se rendre compte, par un simple déplacement de l'axe des x, de l'action des forces extérieures. On en déduit *l'influence de la compression sur la liquéfaction et la solidification*. La compression,

en effet, augmente la valeur de l'ordonnée *QR*, et, par suite, il faut une plus grande force calorifique pour amener les molécules au point *N*.

CORPS GAZEUX

18° Fournissons aux molécules m, m', m'', un travail égal à la surface *BPQ*; toute force attractive sera détruite et les molécules deviendront libres les unes par rapport aux autres. Ce phénomène répond à l'"état gazeux, et, la surface *BPQ* représente la *chaleur latente de vaporisation*, surface beaucoup plus considérable que la surface *CLN* représentative de la *chaleur latente de fusion*.

19° Dans le cas qui nous occupe, l'origine des coordonnées est transportée au point O‴ (fig. 2). Au moment de la formation du gaz, la distance moléculaire devient $\frac{3}{2}\,d$ ainsi que l'indique la figure; plus exactement 1,4699 *d* (VI), *on pourra donc obtenir des gaz d'un volume peu différent de celui des liquides qui leur ont donné naissance.*

Puisqu'il n'y a plus aucune force attractive réunissant les molécules, l'action des forces extérieures, quand l'équilibre est établi, devient proportionnelle aux masses, par conséquent le coefficient d'extension ou de compression est le même pour tous les gaz et on a $\frac{\Delta F}{\Delta x} = \alpha$, ce qui donne :

20° Si on considère des pressions, *la loi de Mariotte.*

21° Et si on considère les forces d'extension telles que la force calorifique, l'équation suivante :

α, *coefficient de dilatation*, = *constante.*

22° Quand les molécules d'un liquide sont parvenues au point Q, elles ont une tendance extrême à passer à l'état gazeux puisqu'en deçà et au delà de ce point la force attractive diminue. La vapeur se formera donc en empruntant au liquide ou aux corps environnants la chaleur latente nécessaire pour rendre son équilibre stable. Il n'est même pas nécessaire que le corps soit à l'état liquide pour qu'il puisse se volatiliser. Il suffit que ses molécules superficielles soient très voisines du point Q et que l'extérieur fournisse un travail suffisant. Ce phénomène se produira donc pour les corps très cassants et exigeant peu de chaleur latente (arsenic, etc.).

23° La production de vapeur aura lieu superficiellement et par suite lentement si la force résultant du travail calorifique n'est capable que de vaincre successivement la cohésion des molécules superficielles *(évaporation)*; elle aura au contraire lieu tumultueusement *(ébullition)* si cette même force est égale ou supérieure à celle qui réunit les molécules intérieures. On peut remarquer l'analogie de ces phénomènes avec ceux résultant de l'élasticité permanente et de l'élasticité de rupture.

24° Dans un espace clos, quand l'équilibre de température est établi, la quantité de vapeur formée (tension de la vapeur) a pour mesure le travail calorifique assimilable. Cette tension est donc indépendante des pressions existant antérieurement dans le vase. En conséquence, si plusieurs liquides émettent des vapeurs dans la même enceinte de température constante, ces vapeurs atteindront leur tension limite qui s'ajouteront. *(Loi de Dalton sur les vapeurs saturées.)*

25° Dans la liquéfaction des gaz, il faudra d'abord annuler les forces répulsives extérieures; par conséquent il faudra d'autant moins de pression que la température des corps à liquéfier sera plus basse.

26° Si le travail calorifique incessamment fourni par l'extérieur est égal à la chaleur latente dégagée, le gaz ne pourra se liquéfier quelle que soit la pression extérieure (*voir* n° 19) *c'est le point critique du gaz*.

27° Puisque l'on peut remplacer les corps par des files de molécules (VII), on pourra représenter les volumes moléculaires par la formule $kd\,(1+\Delta x)$ dans laquelle on fera successivement:

$k = 0{,}73$, et $\Delta x = 0$ pour les solides au 0 absolu, c'est-à-dire en l'absence de toute force ou de tout travail extérieur;

$k = 1{,}00$ et $\Delta x = 0$ pour les liquides au moment de leur formation;

$k = 1{,}47$ pour le gaz et Δx quelconque, puisque dans ce cas $(1+\Delta x)$ est inversement proportionnel aux forces extérieures (20)

Il suit de cette remarque que, quel que soit le corps considéré, dans un volume représenté par 1000, il y aura :

1° $\frac{1000}{731}$ molécule, d'un corps solide au 0 absolu;

2° $\frac{1000}{1000}$ molécules d'un liquide au moment de la liquidité parfaite;

3° $\frac{1000}{1469.}$ molécules des gaz au moment de leur formation.

Pour ces derniers et quels qu'ils soient, Δx pouvant être quelconque, le nombre des molécules sera toujours le même dans des volumes égaux, soumis à la même température et à la même pression; c'est la loi d'Ampère et d'Avogrado étendue, avec certaines restrictions, aux solides et aux liquides.

§ 2

ON TIENT COMPTE DE LA VALEUR RELATIVE DE m ET DE m'

GÉNÉRALITÉS

On voit que dans la formule générale

$$F(x) = Kmm' \frac{d-x}{x^3}$$

on ne peut faire m ou m' égale à o sans annuler $F(x)$, ce qui veut dire qu'une masse *unique* dans un espace *indéfini* ne présente aucune des propriétés principales de la matière; elle ne possède en effet ni poids ni porosité, etc.

Il résulte de cette remarque que la formule définit les corps (ainsi que nous l'avons déjà dit dans la note V) par le produit de deux masses et par la représentation des forces attractives et répulsives qui s'exercent entre ces masses.

Pour distinguer ces masses élémentaires des atomes, tels qu'on les comprend en chimie, nous les appellerons *micrômes*, de telle sorte qu'un atome d'un corps quelconque sera composé de deux micrômes. Il devient ainsi *insécable* par définition, puisque chaque micrôme pris isolément ne possède pas les propriétés de la matière telle que nous la connaissons.

Prenons deux corps différents, l'un formé de micrômes égaux M, l'autre de micrômes plus petits m, remplaçons ces corps par des files de molécules (VII) placées à une distance d les unes des autres et mettons ces deux files bout à bout en ligne droite, également à une distance d l'une et l'autre.

Appelons Y_{M^2} la somme négative des forces attractives du corps M considéré sous l'un des trois états;

Y_{m^2} celle des forces attractives de m dans les mêmes conditions.

Y_{Mm} l'action de M sur m.

φ la résultante des forces extérieures sur M.

φ' la résultante des forces extérieures sur m (voir note VIII).

Il n'y aura de possible que les trois combinaisons de signes suivants :

(A) $\quad -Y_{Mm} < -Y_{M^2} + \varphi \quad$ et $\quad < -Y_{m^2} + \varphi'$

(B) $\quad -Y_{Mm} < -Y_{M^2} + \varphi \quad$ et $\quad > -Y_{m^2} + \varphi'$

(C) $\quad -Y_{Mm} > -Y_{M^2} + \varphi \quad$ et $\quad > -Y_{m^2} + \varphi'$

(A) Les liaisons des micrômes M et celles des micrômes m ne sont pas rompues, les deux corps restent donc définis par leurs formules ; tout se borne à des actions superficielles d'attraction, *ce sont des actions de contact.*

(B) Dans cette hypothèse, la limite d'élasticité des micrômes m est dépassée ; tout se passe donc comme si le corps m^2 était devenu liquide, et nous sommes en présence d'un phénomène de *dissolution.*

(C) Sollicités par une force supérieure, les micrômes M et m ne peuvent rester unis à leurs homologues; il se forme, en vertu de la prépondérance de l'attraction du micrôme M sur le micrôme m, un atome représentant un corps *complètement différent des deux premiers.*

En effet, il sera défini par une nouvelle formule

$$F_3(x) = KMm\frac{d-x}{x^3}$$

différente de celles des deux premiers corps $F_1(x) = KM^2\frac{d-x}{x^3}$ et $F_2(x) = Km^2\frac{d-x}{x^3}$. C'est le fait connu sous le nom de *combinaison chimique.*

Nous allons examiner successivement plus en détail ces trois cas particuliers.

(A) ACTIONS DE CONTACT.

28° Si on mélange deux liquides de même densité, ne se dissolvant pas et ne se combinant pas entre eux, les atomes du liquide qui possède la plus grande force attractive, se réuniront ensemble et tendront à prendre incessamment une forme symétri que par rapport à un atome central, c'est-à-dire la forme sphérique. Nous

disons : *tendront incessamment*, car l'équilibre de molécules équidistantes en nombre quelconque sous la forme sphérique est une limite qui ne saurait être atteinte, puisqu'on ne peut placer plus de *vingt molécules* équidistantes à la surface d'une sphère ; l'icosaèdre régulier circonscrit à cette surface est, en effet, le polyèdre régulier qui présente le plus grand nombre de points de contact avec elle.

Cette forme sera modifiée aussitôt que l'on mettra en contact avec cette sphère un corps solide quelconque, (tel qu'une carcasse en fil de laiton), et cela en vertu de l'auréole attractive, relativement considérable, de ces corps. (VI). Ce sont les *résultats trouvés par M. Plateau.*

29° Supposons le corps m^2 à l'état liquide, et le corps M^2 à l'état solide, on aura nécessairement à choisir entre les deux relations:

$$-2Y_{Mm} \lessgtr -Y_{m^2} + \varphi$$

qui, d'après la démonstration *géométrique* de Clairaut, indiquent si *le liquide mouille ou ne mouille pas le corps* M^2.

30° La variation de la valeur de φ suffit pour changer le sens primitif de l'inégalité ci-dessus, ce qui montre *l'influence de la pression et de la température sur les phénomènes capillaires.*

31° Comme corollaire de ce que nous venons de dire, si on chauffe un liquide dans un vase, on pourra toujours donner à φ une valeur suffisante pour que le liquide ne mouille pas le vase et obéisse à l'action de ses propres molécules. C'est *l'état sphéroïdal* des corps. Dans ce cas, la surface du liquide prend des formes remarquables et absolument semblables à celles qu'indique le calcul quand on considère la force mutuelle, comme une force centrale, agissant sur une molécule extérieure douée d'une vitesse initiale. C'est ce que nous verrons dans la deuxième partie.

32° La proposition V montre que l'action attractive est à peu près la même pour des files de molécules dont le nombre de molécules placées à une distance d varie de 40 à ∞. Tout se passe donc comme si la *force capillaire était indépendante de l'épaisseur des corps.*

33° Si on plonge un tube capillaire dans un liquide, il résulte de la loi (32°) que la hauteur h de dénivellation est indépendante de l'épaisseur du tube et par suite on pourra écrire immédiatement l'équation d'équilibre existant entre la force capillaire du tube, pro-

portionnelle à sa circonférence, et le poids de la colonne de liquide ayant h pour hauteur.

En appelant D le diamètre de ce tube et δ la densité du liquide, on aura :

$$\pi D (- Y_{Mm} + \varphi) = \frac{\pi D^2}{4} . h . \delta$$

d'où

$$h = \frac{4(-Y_{Mm}+\varphi)}{D\delta}$$

S'il s'agissait de deux lames de longueur l placées à une distance D, on aurait de même :

$$2l(- Y_{Mm} + \varphi) = lD\delta h$$

d'où :

$$h = \frac{2 (- Y_{Mm} + \varphi)}{D\delta}$$

On a retrouvé ainsi toutes les autres lois de la capillarité déterminées par Laplace, car $- Y_{Mm} + \varphi$ n'est autre chose que son intégrale II, représentant la force capillaire « qui décroît avec une » extrême rapidité et devient insensible quand la différence $(f)^1$ devient » sensible », intégrale qui, comme on le sait, sert de base à tous ses calculs.

34° Si au lieu de prendre un nombre infini de micrômes, on en prend un nombre assez petit pour que la somme des ordonnées $- Y_{m^2} + \varphi$ devienne plus petite que $- Y_{Mm}$, on rentrera dans le cas B, c'est-à-dire que l'action de masse du corps M^2 produira la dissolution du corps m^2.

35° Si on construit les courbes, on voit qu'il y a un dégagement de travail analogue à celui développé par la compression; il se traduit ainsi que nous l'avons vu dans la loi de Joule (8°) par un dégagement de chaleur et d'électricité. Le premier de ces phénomènes a été observé par Pouillet.

B, DISSOLUTIONS, DILUTIONS

36° Si le corps est à l'état solide, tout se passant, ainsi que nous l'avons vu, comme s'il devenait liquide, il devra emprunter soit à lui-même, soit aux corps environnants, la chaleur latente nécessaire pour rendre son équilibre stable. Il y aura ainsi une première cause

(1) La différence f représente l'épaisseur de la couche extérieure du corps solide qui agit sur le liquide. (V. Laplace. Capillarité.)

d'abaissement de température à laquelle s'ajoutera, ainsi que nous allons le voir, celle de la *dilution* du nouveau liquide dans l'ancien.

Dans ce cas, les actions du liquide M^2 sur le liquide m^2 sont identiques à celles qui se produisent pendant les dilatations de ces mêmes liquides; il y a donc encore absorption de chaleur.

38° Le calcul donne pour le phénomène de *saturation*, en appelant N' le nombre de micrômes capables de dissoudre N micrômes m :

$$N = N' \frac{Y_{Mm} - Y_{M^2} + \varphi}{Y_{m^2} - \varphi'}.$$

En effet la force dissolvante de N' micrômes M, résultant pour chacun d'eux, pris isolément, de l'action $(-Y_{Mm})$ diminuée de l'attraction $(-Y_{M^2} + \varphi)$, a pour valeur :

$$N' [-Y_{Mm} - (-Y_{M^2} + \varphi)].$$

Dans le cas de saturation, cette quantité doit faire équilibre aux attractions de N micrômes m, on trouve donc finalement l'équation

$$N' (-Y_{Mm} + Y_{M^2} - \varphi) = N (-Y_{m^2} + \varphi')$$

de laquelle on tire

$$N = N' \frac{Y_{Mm} - Y_{M^2} + \varphi}{Y_{m^2} - \varphi'}.$$

39° Si Y_{m^2} a une valeur relative assez grande, c'est-à-dire si le corps m est *solide*, on voit que la solubilité augmente avec les valeurs de φ et de φ' qui peuvent être représentées par l'élévation de température. Ce phénomène se produit tant que le numérateur reste positif ou en d'autres termes tant qu'il n'y a pas de combinaison chimique.

Il suffit, pour s'en convaincre, de remarquer que les relations relatives aux actions de contact et de dissolution (A et B) donnent

$$Y_{Mm} - Y_{M^2} + \varphi > 0$$

tandis que $Y_{Mm} - Y_{M^2} + \varphi < 0$ convient aux actions chimiques; par conséquent, pour que N soit > 0, il faut que $Y_{Mm} - Y_{M^2} + \varphi$ soit positif, car $Y_{m^2} - \varphi'$ est toujours positif tant qu'il s'agit de corps solides ou liquides.

40° Si Y_{m^2} est très petit, $Y_{m^2} - \varphi'$ restant positif (corps liquides), N devient très grand, par conséquent les liquides se diluent en grande proportion les uns dans les autres.

41° Dans le cas des gaz la formule doit être transformée, car le

dénominateur devient négatif et il faut par suite changer le signe de φ'.

En effet, dans ce cas $Y_{m^2} = 0$, on a donc

$$(1)\quad N = N' \frac{Y_{Mm} - Y_{M^2} + \varphi}{-\varphi'}$$

et N est négatif. Pour rendre sa valeur positive, il faut remplacer la force répulsive φ' par une force attractive, ce qui revient à soumettre le gaz à une pression extérieure $(-\varphi'_1)$.

D'après les considérations des n^os^ 20° et 21° on a, en appelant x l'espace parcouru sous l'influence de la force φ',

$$(2)\quad \frac{-\varphi'}{x} = \frac{-(-\varphi'_1)}{x} = \alpha,$$

mais x représente aussi le volume d'une molécule gazeuse (VII), par suite, en appelant n_0 le nombre *constant* (27°) de molécules d'un gaz quelconque contenu dans l'unité de volume à la température 0° sous la pression φ'_1 et n, le nombre contenu à la température t, sous la même pression, on a les deux équations (3) $n = \frac{n_0}{1+\alpha t}$ et (4) $1 = n_0 x$; éliminant φ'_1, n_0 et x entre les équations 1, 2, 3, 4, on trouve finalement :

$$N = N' \frac{Y_{Mm} - Y_{M^2} + \varphi}{\alpha(1+\alpha t)} n_0$$

Par conséquent, les gaz sont *insolubles dans le vide*, puisque dans ce cas $n_0 = o$.

42° Le nombre de molécules de gaz dissoutes est proportionnel au nombre de molécules de gaz contenues dans l'unité de ce volume sous la pression φ' *(première loi de Dalton)* et diminue avec la température.

43° Quand $Y_{Mm} - Y_{M^2} + \varphi$ devient très petit, c'est-à-dire quand le liquide est voisin de son point d'*ébullition*, la solubilité devient également très petite.

44° La formule étant indépendante de Y_{m^2}, il s'ensuit que les gaz qui n'exerceront pas d'action chimique les uns sur les autres se dissoudront indépendamment les unes des autres *(2^e^ loi de Dalton)*.

45° Dans le cas de dissolution de plusieurs corps *solides* ou *liquides* dans un même liquide, il faudra au contraire (Y_{m^2} n'étant pas nul),

tenir compte des attractions de ces corps entre eux. Les équations deviennent alors très compliquées, mais il suffit de remarquer que la *solubilité* du corps m^1, par exemple, *sera généralement modifiée* en plus ou en moins, *par la présence des autres corps dans la dissolution.*

On sait le rôle très important que joue ce phénomène dans les analyses chimiques.

46° Si le liquide, saturé à chaud, se refroidit, les molécules devenues insolubles se déposeront de préférence sur les corps solides, en vertu de l'auréole attractive que ceux-ci possèdent.

47° Nous avons vu, dans la proposition VII, que tout corps solide pouvait être considéré comme donnant trois composantes attractives (généralement différentes), suivant trois axes déterminés. En conséquence, les molécules qui ne peuvent rester dissoutes par suitede la concentration du liquide se grouperont proportionnellement à l'intensité de ces composantes comme la limaille de fer autour des pôles d'un aimant. Ces molécules prendront donc des formes géométriques ou *cristallines* que l'on pourra rapporter à trois axes. Ces axes seront déterminés par les valeurs relatives de M, m, m'..., c'est-à-dire par la composition chimique des corps (VII).

48° Il est clair que si les composantes de deux corps dissous m et m' sont proportionnelles entre elles, ces corps pourront se substituer ou se remplacer pendant l'accroissement du cristal, à la condition, toutefois, que leurs molécules n'exerceront ni action chimique ni action dissolvante les unes sur les autres. Dans cette dernière hypothèse, les corps cristalliseraient chacun séparement. En d'autres termes, pour que la substitution puisse avoir lieu, il faut qu'il n'existe entre m et m' que des actions de contact.

Si, maintenant, dans un composé chimique représenté par la formule $KMm\frac{d-x}{x^2}$, M est relativement grand par rapport à m, on voit que si l'on substitue à m des valeurs m', m''... de même ordre, les composantes varieront peu et par suite les différents corps Mm, Mm', Mm'', etc., offrant la même composition, cristalliseront dans le même système (*isomorphisme*).

(Nous verrons dans les applications de la formule à la chimie comment a lieu le *polymorphisme*).

49° Toute modification apportée aux composantes les affectant

également dans le sens positif et dans le sens négatif, puisqu'il s'agit de forces mutuelles, on en déduit immédiatement la *loi de symétrie des cristaux*.

50° On voit que toutes ces considérations et toutes ces formules n'infirment en rien les explications des phénomènes d'*osmose* données par Liebig. Elles les confirment, au contraire, en établissant mathématiquement les considérations sur lesquelles il les a basées.

En effet, Liebig explique les effets de l'osmose en établissant que « les membranes absorbent par cohésion des quantités différentes de liquide. » Cette cohésion n'est autre que l'auréole attractive. Notre théorie, en in di quant les modifications que la température et les combinaisons chimiques apportent à cette auréole, rend compte de faits que l'explication de Liebig était impuissante à démontrer.

51° Il est à remarquer que l'action de masse peut déterminer des combinaisons chimiques, il suffit pour cela que le nombre de micrômes M soit suffisamment petit pour que la somme de ses actions attractives Y'_{M^2} soit $>$ que $Y_{Mm} + \varphi$.

C. — ACTIONS CHIMIQUES.

52° Nous avons vu que si on prenait deux atomes de deux corps définis par les formules $KM^2 \frac{d-x}{x^3}$ et $Km^2 \frac{d-x}{x^3}$ et que si, par suite des forces extérieures, on avait les relations :

$$(a) \qquad -Y_{Mm} > -Y_{M^2} + \varphi$$

et

$$(b) \qquad -Y_{Mm} > -Y_{m^2} + \varphi',$$

il se formait deux atomes d'un *nouveau corps* défini par la relation $KMm \frac{d-x}{x^3}$. Nous disons d'un *nouveau corps*, car la nouvelle courbe étant différente des deux premières donnera des coefficients d'élasticité, des chaleurs latentes, des densités et par suite des aspects également différents.

53° On voit *à priori*, et sans qu'il soit nécessaire de construire les courbes, que l'équilibre existera quand l'ordonnée $Y'_{Mm} = -Y_{Mm}$ représentant la force répulsive existant entre la molécule intégrante M et sa voisine immédiate m sera égale à $Y_{M^2} + Y_{m^2}$, augmentés ou

diminués des forces extérieures φ et φ'. Le travail produit T sera donné par l'équation :

$$(1) \qquad \mathfrak{E}Y'_{Mm} - \mathfrak{E}Y_{M^2} - \mathfrak{E}Y_{m^2} + \mathfrak{E}(\varphi + \varphi') + T = 0.$$

54° Si les valeurs algébriques de φ et de φ' varient, elles pourront changer le sens des inégalités *(a)* et *(b)*. Dans ce cas, la combinaison sera détruite, il y aura *dissociation*. Dans les espaces clos, s'il se dégage des gaz, leurs pressions s'ajouteront aux valeurs de φ et de φ' et quand la somme atteindra une valeur convenable pour changer le sens des inégalités *(a)* et *(b)*, le phénomène s'arrêtera; c'est la *tension de dissociation* de MM. Sainte-Claire-Deville et H. Debray.

55° En additionnant les deux inégalités *(a)* et *(b)*, on voit qu'il faut, pour qu'il y ait *dissociation* ou *décomposition chimique*, que la somme algébrique $-2Y_{Mm} - \varphi - \varphi'$ soit plus petite ou au moins égale à $-Y_{M^2} - Y_{m^2}$, et que l'extérieur fournisse ou reçoive un travail égal à celui produit pendant la combinaison. Il suit de cette remarque que dans l'*électrolyse*, le nombre de volts disponibles, (représenté par l'ordonnée $\varphi + \varphi'$) indique si la décomposition est possible, et que le nombre de volt-ampères dégagés, ou travail, détermine le poids de la matière décomposée.

56° Pour examiner les combinaisons de plusieurs corps simples, il suffira de faire dans $F(x) = KMm\frac{d-x}{x^3}$, $Mm = \mu^2$ et d'opérer comme ci-dessus avec une nouvelle molécule m'. Il faut seulement remarquer que le travail $\mathfrak{E}Y'_{Mm} = -\mathfrak{E}Y_{Mm}$ ayant une valeur finie (voir Note III), on ne peut obtenir indéfiniment des combinaisons d'une masse M avec des masses m, m', m''.... Le maximum est donné par la valeur entière de N dans la relation :

$$\mathfrak{E}Y_{Mm} = N(\mathfrak{E}Y_{M^2} + \mathfrak{E}Y_{m^2}).$$

57° En considérant les places que M et m peuvent occuper à droite ou à gauche l'une de l'autre (fig. 3), suivant la valeur des forces extérieures φ et φ', on remarque que ces deux masses peuvent donner lieu à 2 valeurs de T, car la valeur de l'espace parcouru Δx est différente. Par conséquent le même corps composé de deux microbes différents M et m peut avoir deux chaleurs latentes de combinaison différentes et, par suite des composantes suivant trois axes également

différentes (VII). Ils sont donc susceptibles de prendre *deux formes cristallines*. En étendant cette observation à plusieurs micrômes (56°) on trouve le *polymorphisme des substances*.

58° Le travail T étant indépendant du temps, on voit que la *combustion vive* et la *combustion lente* produisent la même quantité de chaleur.

59°, 60°, 61° Dans le cas des gaz $\mathfrak{S}Y_{M_2}$ et $\mathfrak{S}Y_{m_2}$ deviennent égaux à O puisque Y_{M_2} et Y_{m_2} sont eux-mêmes égaux à O. On sait, d'autre part, que les molécules étant très éloignées les unes des autres, Y_{Mm} sera négligeable. En conséquence, pour que l'équation du travail puisse être satisfaite, il faudra, comme dans la dissolution des gaz, changer le signe de la somme φ et φ', c'est-à-dire ramener les molécules gazeuses à une distance suffisante pour que $\mathfrak{S}Y_{Mm}$ prenne une valeur convenable.

Cet effet s'obtiendra :

1° *Par une pression extérieure;*

2° Par le *choc* produit par une force répulsive extérieure, telle que celle résultant du travail dégagé par un corps en ignition;

3° Par l'*auréole attractive* d'un corps solide condensant suffisamment les gaz à sa surface.

On comprend, d'après les explications antérieures, que ce phénomène se produira d'autant plus efficacement que le corps sera plus dense et plus divisé ou plus poreux *(force catalytique)*.

62° L'équation du travail appliquée aux combinaisons de plusieurs micrômes montre, ainsi que l'a formulé M. Berthelot, qu'il se développera toujours le *travail maximum possible* dans les conditions de l'expérience. Cette loi, comme on le sait, comprend celles de Berthollet, convenablement modifiées. Il est toutefois à remarquer que l'un des deux corps formés peut absorber un travail plus grand que le travail T à la condition que le second fournisse la différence. Le phénomène inverse se produira évidemment lors de la dissociation.

63° La valeur de *d* étant une constante de la nature, et les corps étant définis par l'action de deux micrômes, on peut dire que ceux-là sont tous composés d'un nombre *pair* de micrômes.

Si on prend pour unité de volume, celui d'un micrôme (loi d'Ampère et d'Avogrado 27°), on peut également dire, que tous corps

simples sont représentés par deux volumes, et les corps composés par un nombre *pair* de volumes.

Par conséquent :

un volume se combinant avec *un* volume, donnera *deux* volumes; *un* volume avec *deux* volumes donnera encore *deux* volumes, etc.

C'est *la loi des volumes et par suite celle des équivalents et des proportions multiples*.

En résumé, la formule générale proposée, en donnant d'une part, pour la force répulsive exercée entre une molécule et sa voisine *immédiate* une valeur variant de o à ∞, et en donnant d'autre part des valeurs *finies* pour la somme des forces attractives d'un nombre *infini* de molécules, ainsi que des valeurs également *finies* pour la somme des travaux de ces mêmes forces, cette formule, disons-nous, nous a permis d'établir avec les plus grandes facilités un grand nombre des lois de la physique et de la chimie.

Nous allons terminer cette première partie par l'étude des chaleurs spécifiques.

CHALEURS SPÉCIFIQUES

Remarquons que : dire que la température d'un corps a été élevée de 1°, c'est dire que les molécules composant l'unité de volume de ce corps ont reçu, par l'intermédiaire de la chaleur, un travail équivalent à celui nécessaire pour augmenter d'une quantité constante (α), l'unité de volume d'un gaz simple quelconque à la pression constante P_0.

Cette définition n'est en réalité que celle du thermomètre à gaz, le seul appareil qui mesure exactement les températures par suite de la constance de la valeur de α (21°).

On a donc, en appelant γ cette quantité et E l'équivalent mécanique de la chaleur :

$$\gamma E = \alpha P_0 \quad \text{d'où} \quad \gamma = \text{constante}.$$

Si p est le poids atomique d'un corps, V son volume apparent et $kd\ (1+\Delta x)$ son volume moléculaire (27°), on aura, en appelant ϖ le poids de l'unité de volume apparent :

$$\varpi = p\,\frac{k\,d\,(1+\Delta x)}{V}.$$

En divisant γ par ce poids, le quotient donnera la quotité de chaleur nécessaire pour élever l'unité de poids de 1° soit la chaleur spécifique C, on a donc :

$$C = \frac{\gamma V}{pkd\ (1 + \Delta x)} \quad \text{d'où} \quad pC = \frac{\gamma V}{k\,d\ (1 + \Delta x)}.$$

Remarquons maintenant, qu'à l'état de liquidité parfaite toutes les molécules sont à une distance d, et appelant v_1 le volume réel correspondant, (le même pour tous les corps simples), θ la température mesurée entre les changements d'état, δ le coefficient cubique de dilatation ou de contraction à partir de l'état parfait de liquidité, on pourra écrire :

$$V = v_1 \left(1 + \int \delta \partial\theta\right)$$

ce qui donne :

$$(1) \qquad pC = \frac{\gamma\, v_1 \left(1 + \int \delta \partial\theta\right)}{k\,d\ (1 + \Delta x)}$$

ou en réunissant les constantes :

$$(2) \qquad pC = \frac{A}{k} \cdot \frac{1 + \int \delta \partial\theta}{1 + \Delta x}.$$

Si dans cette formule on fait $\Delta x = o$, puis $\theta = o$, on obtient la *loi Dulong et Petit* ainsi modifiée et étendue :

64° Le produit des poids atomiques des corps simples par leur chaleur spécifique est un nombre constant *pour chaque état des corps*.

Ce nombre est inversement proportionnel à k, c'est-à-dire à 0,73, 1,00 et 1,47 suivant qu'il s'agit de l'état solide au 0 absolu, de l'état liquide parfait, ou de l'état gazeux (voir 27°).

Si on prend la moyenne de k pour les solides et les liquides (0,865), ce qui correspond à peu près aux expériences faites sur ces corps, et si on les compare à celle des gaz 1,47, on trouve que ce dernier nombre doit être un peu plus grand que la moitié du premier.

L'expérience a donné d'après Wurtz 6,4 et 3,4. Nous nous permettrons d'insister sur ce résultat qu'aucune autre théorie n'a expliqué jusqu'à ce jour.

65°, 66° La formule (2) indique encore la relation qui existe entre les chaleurs spécifiques et la *température* ou l'*élasticité*.

67° Si le volume du gaz est constant, la fraction $\frac{1+\int \delta\vartheta\theta}{1+\Delta x}$ sera constante, par conséquent la *chaleur spécifique des gaz à volume constant est constante*.

68° Pour passer des corps simples aux corps composés, il suffira de faire dans la formule (1) P = Poids atomique du corps considéré et V_1 = son volume apparent.

On aura ainsi en posant $A' = \frac{\gamma V_1}{d}$

d'où :

$$PC = \frac{A'}{k} \cdot \frac{1+\int \delta\vartheta\theta}{1+\Delta x}.$$

Cette formule, appliquée aux gaz, démontre les deux lois de Duleng sur les capacités des gaz composés, lois ainsi énoncées par lui.

69° « 1° Les gaz composés de gaz simples, qui dans leur réunion » ne sont pas condensés, ont une même chaleur spécifique rapportée » au volume que les gaz simples;

70° « 2° Les gaz composés dans la formation desquels il y a une » même condensation des gaz constituants ont des chaleurs spé- » cifiques égales, quoique très différentes de celles des gaz » simples. »

71° S'il n'y a pas eu condensation, on a d'une manière générale, en appelant n, n', n'', le nombre d'atomes combinés et p, p', p'' leur poids atomique.

$$P = np + n'p' + n''p'' + \ldots \quad \text{et} \quad V_1 = nv_1 + n'v_1 + \ldots = Nv_1.$$

$$\text{mais } PC = \frac{\gamma N v_1}{kd} \cdot \frac{1+\int \delta\vartheta\theta}{1+\Delta x} = \frac{NA}{k} \frac{1+\int \delta\vartheta\theta}{1+\Delta x} \text{ or, } N = n + n' + n'' + \ldots$$

Éliminant N, et remarquant que $\frac{A}{k} \frac{1+\int \delta\vartheta\theta}{1+\Delta x} = pc = pc' = \ldots$

On a finalement, à la variation de θ et de Δx près :

$$PC = \frac{(nA + n'A + \ldots)}{k} \cdot \frac{1 + \int \delta\theta}{1 + \Delta x} = npc + n'p'c' + \ldots$$

C'est la *loi de M. de Wœstyn et de M. Hermann Kopp.*

En résumé, nous retrouvons toutes les lois des chaleurs spécifiques et leurs anomalies apparentes.

De ce qui précède, il résulte que *tout se passe comme si* les corps solides étaient formés de groupes de deux micrômes dualisés (ou atomes) placés au 0 absolu à une distance $= 0.73\ldots d$ (IV).

Le premier effet de la chaleur, ou des travaux des forces extérieures, est d'augmenter la distance entre chacun de ces micrômes jusqu'à ce que les atomes viennent tous à une distance d les uns des autres. Arrivés à ce point, l'action des micrômes placés en avant du micrôme considéré s'oppose à un travail d'extension, et le travail extérieur, s'il continue à affluer, crée un nouvel état d'équilibre en passant à l'état latent, phénomène qui se traduit géométriquement par un changement d'origine des coordonnées.

Les mêmes remarques sont identiquement applicables au passage des corps de l'état liquide à l'état gazeux; l'axe des x devient alors tangent au point minimum des courbes.

IIe PARTIE

m ET m' ONT UNE VITESSE INITIALE

En imprimant au système mm' une vitesse égale et contraire à celle de la masse m, nous n'aurons à considérer que la vitesse relative v de la masse m'. Cette vitesse pourra être dirigée :

§ 1. Dans le sens de la droite qui réunit la masse m à la masse m';

§ 2. Obliquement à cette droite.

§ 1

Ce premier cas, dont l'exposition comprendrait la résistance au choc, le travail élastique et les différentes conductibilités, sortirait des limites que nous nous sommes imposées dans ce mémoire ; nous nous contenterons de donner l'équation générale du temps employé

pour le parcours d'un espace x et l'équation de la vitesse v avec une application.

Il suffit, pour avoir la valeur du temps T, de remarquer que

$$F(x) = Kmm' \frac{d-x}{x^3} = m' \frac{\partial^2 x}{\partial T^2}$$

Intégrant 2 fois et faisant partir les origines de $\frac{d}{2}$ pour éliminer les deux constantes, on a immédiatement :

$$T^2 = \frac{1}{Km} \frac{1}{9}, (x+d)^2 (2x-d).$$

T est donc représenté par les ordonnées d'une parabole divergente (fig. 4), qui se confond avec une *seconde parabole cubique* $T^2 = ax^3$, quand d devient négligeable par rapport à x. En effet, on trouve pour $x = 100\,d$, $a = 2{,}03$ et pour $x = \infty$, $a = 2$.

On peut donc dire qu'à partir de 100 distances moléculaires, les carrés des temps sont proportionnels aux cubes des distances, (analogie avec la 3e loi de Képler).

Nous venons de voir que la valeur du temps était donnée par la relation $T^2 = \frac{1}{Km} \frac{1}{9}(x+d)^2 (2x-d)$. En différentiant cette équation on obtient la valeur de $\frac{\partial x}{\partial T}$, c'est-à-dire la vitesse moléculaire en fonction de K, de m et de x. Toutefois, il est plus simple de prendre la formule du travail compté à partir de $\frac{d}{2}$ (voir Note II) et de l'égaler à la demi-force vive de la molécule m'; on a ainsi :

$$Kmm' \frac{2x-d}{2x^2} = \frac{1}{2} m' v^2$$

d'où :

$$v^2 = Km \frac{2x-d}{x^2}. \qquad (3)$$

on voit que la vitesse relative est indépendante de la masse en mouvement relatif et ne dépend que de celle qui est en repos relatif (Chute des corps). C'est la traduction algébrique du principe de l'indépendance des petits mouvements.

Divisant (3) par $F = Km\,m'\,\frac{d-x}{x^3}$, on trouve :

$$\frac{v^2}{F} = \frac{(2x-d)\,x}{m'\,(d-x)} \quad \text{d'où} \quad v^2 = \frac{F\,(2x-d)\,x}{m'\,(d-x)}.$$

Telle est la formule générale de la vitesse de la molécule m' en fonction de la force élastique.

72° Comme application, cherchons la vitesse de propagation d'un ébranlement moléculaire, tel que le son, dans un gaz à la pression P_1 et à la température t.

F, représentant de la force élastique du gaz est égale et de signe contraire à P_1 on peut donc écrire, en divisant le numérateur et le dénominateur par x :

$$v^2 = \frac{-P_1\left(2-\frac{d}{x}\right)x}{m'\left(\frac{d}{x}-1\right)}$$

ou, en négligeant la valeur de $\frac{d}{x}$ (rapport du volume du liquide à celui du gaz), ce qui donnera la vitesse avec une approximation en moins :

$$v^2 = \frac{2\,P_1\,x}{m'}$$

mais m' représente la masse d'un micrôme contenu dans le volume d; à l'état gazeux, ce micrôme occupe un volume $\frac{3}{2}\,d$ (plus exactement $1{,}47\,d$ (27°) et sous la pression P_1 un volume x. On a donc en appelant m'' la masse gazeuse contenue dans l'unité de volume :

$$m'' = \frac{m'}{1{,}47\,x}, \quad \text{d'où} \quad v^2 = \frac{2\,P_1}{1{,}47\,m''}.$$

D'autre part, en appelant D_0 la densité du gaz à la pression atmosphérique P_0 et à la température de 0°, on a :

$$m''\,g = D_0\,\frac{1}{(1+\alpha t)}\,\frac{P_1}{P_0}$$

mais $P_0 = 0^m76 \times \Delta$, Δ étant la densité du mercure à 0°. Substituant, on a finalement :

$$v = \sqrt{\frac{2}{1{,}47}}\,\sqrt{\frac{g\,\Delta\,0{,}76\,(1+\alpha t)}{D_0}} = 1{,}168 \times 279^m33 = 326{,}26 \text{ à } 0°$$

quantité très rapprochée *en moins* de 330m70 donnés par les expériences de Regnault.

La formule de Newton ne donnait que la quantité contenue sous le radical, soit 279m33.

73° Si on voulait chercher la vitesse du son dans les liquides et les solides il suffirait, dans la formule $v^2 = \frac{F}{m'} \frac{(2x-d)}{d-x} x$, de substituer à m' sa valeur $\frac{P}{g}$ et de remarquer que $\frac{P}{x} = p$ poids de l'unité de longueur, ce qui donne :

$$v^2 = g \frac{F}{p} \cdot \frac{2x-d}{d-x}$$

D'autre part, si on appelle i l'allongement par unité de poids de l'unité de longueur et l celui de l'unité de longueur sous l'action du poids p, on aura :

$$l = pi \text{ d'où } v^2 = \frac{g}{l} \cdot Fi \frac{2x-d}{d-x}$$

L'allongement dû à la force élastique F par unité de longueur est évidemment égal à $\frac{d-x}{x}$, ce qui donne la relation

$$F\,i = \frac{d-x}{x}$$

Substituant dans l'équation ci-dessus on a :

$v^2 = \frac{g}{l} \cdot \left(2 - \frac{d}{x}\right)$, mais dans les solides et les liquides $\frac{d}{x}$ est à peu près égal à 1, on retrouve donc la formule de Laplace $v^2 = \frac{g}{l}$.

§ 2

En effectuant les calculs, on trouve que la trajectoire exprimée en coordonnées polaires est donnée par l'équation :

$$\rho (1 + \alpha \cos \sqrt{c}\, \omega) = \beta$$

dans laquelle ρ est le rayon vecteur.

α et β des coefficients constants et

$$\sqrt{c} = \sqrt{1 + \frac{KMd}{K'^2}}$$

Dans cette dernière équation, K, M et d conservent leurs valeurs ordinaires et K′ représente l'aire décrite par le rayon vecteur pendant l'unité de temps (voir Note IX).

74° Si nous négligeons la valeur de d, $\sqrt{c}$ devient égale à 1, et nous retrouvons, ainsi qu'on devait s'y attendre, *la première loi de Képler*.

75° Si $\sqrt{c} = 1 + \varepsilon$, ε étant très petit, nous avons encore une courbe de second degré, dont le rayon vecteur se déplace lentement en produisant un mouvement de précession (fig. 5). On peut remarquer l'analogie de la force $\frac{d}{x^3}$ avec les forces perturbatrices, également du troisième degré, qui agissent sur les mouvements des astres.

76° Si $\sqrt{c} = n$, n étant un nombre quelconque plus grand que plusieurs unités, la trajectoire est représentée par une courbe périodique autour d'un cercle ayant ρ_0 pour rayon (fig. 6). Les excès des valeurs de ρ sur ρ_0 varient comme les rayons vecteurs d'une section conique dont l'équation serait $\rho(1 + \alpha \cos \omega') = \beta$ avec les conditions $\omega' = n\omega$.

Tout se passera donc dans l'espace, comme si la masse m' se mouvait sur des surfaces de second degré formant des protubérances à la surface d'une sphère qui tournerait lentement autour d'un de ses diamètres, pris comme axe instantané de rotation. Le mouvement des liquides à l'état sphéroïdal peut donner une idée de ce phénomène.

Toute force extérieure de direction constante aplatira cette sphère et ses protubérances; mais, comme on ne peut détruire celles-ci tant que n conservera sa valeur, on ne pourra non plus annuler *en même temps* leurs projections sur deux axes perpendiculaires.

Si n est très grand, c'est-à-dire si d a une grande valeur relative par rapport à l'unité, nous nous trouverons dans le cas des vibrations interparticulaires qui correspondent aux vibrations lumineuses et calorifiques.

D'après les expériences de M. Janssen, les milieux de l'œil absorbent les vibrations calorifiques; d'autre part, le travail mécanique ne peut se produire que dans la direction de la force, c'est-à-dire du rayon vecteur; ceci revient à admettre avec Cauchy que la chaleur est due aux vibrations longitudinales. Nous verrons

tout à l'heure comment notre système vibratoire permet d'expliquer la polarisation et la double réfraction avec la propagation dans le sens du rayon.

Ces remarques nous autorisent à considérer l'œil comme un *appareil analyseur*, percevant les vibrations transversales entre certaines limites et dans lequel les protubérances s'aplatissent perpendiculairement au rayon lumineux.

77° Tout se passe donc comme si la *lumière* se propageait par des *vibrations perpendiculaires* à la direction du rayon, et la différence entre les longueurs d'ondes tiendrait à la projection, avec la même vitesse, sur la rétine, des protubérances d'une vibration complète.

78° Il est évident qu'en ne considérant que la projection d'une seule protubérance, on retrouvera toutes les formules de Fresnel relatives à la *théorie des ondulations*.

79° Les objections que l'on avait faites jusqu'à ce jour aux idées de Cauchy sur la propagation de la chaleur par des vibrations longitudinales, consistaient en ce que la chaleur se polarise et éprouve la double réfraction; mais, dans le cas du mouvement vibratoire exposé ci-dessus, n étant plus grand que l'unité, on ne peut annuler la vibration suivant deux axes sans les supprimer sur le troisième: il en résulte que la polarisation peut déterminer des phénomènes identiques pour la lumière et pour la chaleur.

80° Il en est de même pour la double réfraction. Les résistances dues aux auréoles moléculaires et aux composantes des cristaux à un ou deux axes déterminant la décomposition des ondes lumineuses en deux systèmes ondulatoires, existent aussi pour le troisième axe dirigé suivant le rayon. Par suite, on doit considérer la double réfraction de la lumière aussi bien que celle de la chaleur; les nouvelles composantes transversales et longitudinales pouvant être ramenées par une rotation convenable du cristal dans deux places perpendiculaires, on obtiendra *deux rayons de lumière et de chaleur polarisés*.

CONCLUSION

Nous arrêterons ici les déductions de la formule que nous avons proposée; mais on remarquera qu'en combinant ces lois les unes avec les autres, on pourrait en augmenter le nombre.

En résumé, la formule contient la loi de Newton avec toutes ses conséquences et se prête à l'explication d'un grand nombre de phénomènes appartenant à différents domaines de la Physique Générale. Elle est basée : 1° sur l'existence de la matière (mm'); 2° sur la porosité $(d - x)$; 3° sur l'action à distance $\left(\frac{1}{x^3}\right)$ et 4° n'admet aucune autre hypothèse ($\chi(x) = K$). N'étant que l'expression d'une force, elle ne peut jamais être en désaccord avec les lois de la Mécanique Générale, et puisqu'un grand nombre de faits se passent, comme si elle était exacte, nous pouvons dire que, dans ces limites, on peut la considérer comme une loi synthétique donnant des valeurs plus approchées que les lois qui l'ont précédée.

Qu'il nous soit permis, en terminant, de payer un tribut de reconnaissance à notre Illustre et Vénéré Maître H. Tresca, qui nous a soutenu et encouragé dans notre travail, dont il avait présenté les parties analytiques à l'Institut. Nous tenons aussi à remercier publiquement M. Barré de Saint-Venant (voir le compte rendu de l'Académie des sciences du 7 juillet 1884) et M. Maurice Lévy pour les encouragements et les critiques bienveillantes qu'ils nous ont adressés, et qui nous ont permis de perfectionner notre travail.

Nous prions enfin notre excellent ami, M. R. Costeau, ingénieur civil des Mines, ancien élève de l'École Polytechnique, d'agréer l'expression de notre gratitude pour le concours précieux qu'il nous a donné dans le cours de ce travail et pour la rédaction de cette note.

NOTES JUSTIFICATIVES

Note I

Soit la formule : $y = \frac{d - x}{x^3}$.

L'ordonnée y représente la force attractive ou répulsive, suivant que x est plus grand ou plus petit que d. En différentiant deux fois, nous aurons trois relations :

$$y = \frac{d - x}{x^3}. \qquad \frac{\partial y}{\partial x} = \frac{1}{x^4}(2x - 3d), \qquad \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{6}{x^4}\left(\frac{2d}{x} - 1\right).$$

On voit ainsi, en ne considérant que les valeurs positives de x (les seules qui nous importent), que la courbe part de $y = +\infty$ pour $x = 0$ (fig. 1), coupe l'axe des x pour $x = d$, présente un minimum quand $x = \frac{3}{2}d$ et un point d'inflexion pour $x = 2d$; puis les valeurs de y continuent à être négatives, la force restant attractive, et l'on a $y = 0$ pour $x = \infty$.

(Extrait des Comptes Rendus, 30 juin 1884.)

La différentielle seconde montre que depuis $x = 0$ jusqu'à $x = 2d$. la courbe tourne sa convexité vers l'axe des x, et, que depuis $x = 2d$ jusqu'à $x = \infty$, elle tourne sa concavité vers ce même axe.

L'équation de la tangente en un point x' y', est donnée par l'équation $y - y' = \frac{2x' - 3d}{x'^4}(x - x')$.

Quand on fait $x = 0$ et qu'on remplace y' par sa valeur, on trouve :

$$y = \frac{4d - 3x'}{x'^3}$$

quantité qui s'annule pour $x' = \pm\infty$, d'où $\mathrm{Tg}\,\alpha = 0$.

Par conséquent, la courbe est assymptotique à l'axe des x.

On trouverait semblablement en faisant $y = 0$:

$$x = x' \frac{3x' - 4d}{2x' - 3d}$$

quantité qui s'annule pour $x' = 0$, d'où $\mathrm{Tg}\,\alpha = \infty$.

Par conséquent, la courbe est également assymptotique à l'axe des y.

Note II

Si nous faisons maintenant la quadrature de la courbe, nous avons $\int y\,\partial x = \frac{1}{x}\left(1 - \frac{d}{2x}\right) + C$, ce qui nous donne les intégrales définies

$$\int_0^{\frac{d}{2}} y\,\partial x = C, \quad \int_0^{d} y\,\partial x = \frac{1}{2d} + C, \quad \int_0^{\infty} y\,\partial x = C,$$

desquelles on tire $\int_{\frac{d}{2}}^{d} y\,\partial x + \int_{d}^{\infty} y\,\partial x = 0$, ce qui veut dire que la somme des travaux de la force répulsive depuis $x = \frac{d}{2}$ jusqu'à $x = d$ est égale à la somme des travaux de la force attractive depuis $x = d$ jusqu'à $x = +\infty$.

(Extrait des Comptes Rendus, 30 juin 1884.)

Note III

Effectuons le calcul pour une file indéfinie de molécules placées en ligne droite, à la gauche de la molécule m'' et à une distance d les unes des autres. Soit e la quantité dont ces molecules se sont rapprochées sous l'action de leurs attractions. La seconde molécule m' sera la seule qui exercera sur m une action répulsive dont la valeur sera donnée par la substitution de $d - e$ à la place de x ; on aura donc, en allant de gauche à droite,

Force répulsive pour $x = (d - e)$ . . . $y = \frac{d - (d - e)}{(d - e)^3}$.

Force attractive pour $x = n\,(d - e)$ . . $y = \frac{d - n\,(d - e)}{n^3\,(d - e)^3}$.

Remarquant que la valeur de la force répulsive doit faire équilibre à la somme des forces attractives depuis $2d$ jusqu'à nd, nous aurons:

$$\frac{d-(d-e)}{(d-e)^3}=\sum_2^n \frac{d-n(d-e)}{n^3(d-e)^3}, \quad \text{d'où} \quad \sum_1^n \frac{d-n(d-e)}{n^3(d-e)^3}=0,$$

mais,

$$(1)\quad \sum_1^n \frac{d-n(d-e)}{n^3(d-e)^3}=\frac{d}{(d-e)^3}\sum_1^n \frac{1}{n^3}-\frac{1}{(d-e)^2}\sum_1^n \frac{1}{n^2}=0.$$

D'après les formules connues de l'intégration des puissances inverses, nous avons:

$$\sum_1^n \frac{1}{n^3}=1{,}202058\ldots \quad \text{et} \quad \sum_1^\infty \frac{1}{n^2}=1{,}6449340\ldots$$

ce qui donne $(d-e)=0{,}731735\,d$.

Cette valeur correspond à une force répulsive égale à 0,68793 et à un travail négatif égal à $0{,}0684793..\ \frac{1}{d}$.

Pour avoir la somme des travaux positifs, il suffira de faire la quadrature Ω de la courbe pour $x=2d,\ 3d,\ \ldots,\ nd$, et d'en retrancher la somme des valeurs pour $x=2d-e,\ 3d-e,\ \ldots,\ nd-e$. On a, pour l'expression générale de Ω, en faisant $d=1$: $\Omega=\frac{1}{n}-\frac{1}{2n^2}$ (voir note II) et, pour celle de Ω', $\Omega'=\frac{1}{n-e}-\frac{1}{2(n-e)^2}$; le travail positif depuis 2 jusqu'à n sera donc

$$\frac{1}{2}\left[-\sum_2^n \frac{1}{(n-e)^2}+\sum_2^n \frac{1}{n^2}\right]-\sum_2^n \frac{1}{n}+\sum_2^n \frac{1}{n-e}.$$

Il est très facile d'obtenir par la formule de la sommation des puissances inverses, la valeur de la quantité comprise entre parenthèses. Il n'en est pas de même pour les séries harmoniques $\sum_2^n \frac{1}{n}$ et $\sum_2^n \frac{1}{n-e}$. Pour les transformer, nous remarquerons que $\frac{1}{n}-\frac{1}{n-e}=\frac{e}{n(n-e)}$, quantité que nous remplacerons par $-\frac{e}{n^2}$ avec une erreur que l'on pourra rendre aussi petite que l'on voudra en calculant directement un certain nombre de valeurs de n (l'erreur est en effet plus petite que $\frac{e^2}{n^3}$).

En calculant directement les neuf premiers termes de $\sum_2^{10}\frac{1}{n}-\sum_2^{10}\frac{1}{n-e}$ nous avons eu pour valeur du travail *total* positif

avec six décimales exactes 0,175296, quantité environ trois fois plus grande que le travail négatif correspondant.

Il faudra donc fournir un travail égal à 0,175296 — 0,068793 = 0,106503 pour faire passer les molécules de l'état de condensation complet (solide au 0 absolu) à l'état d'équilibre (liquide à l'état parfait).

(Extrait des Comptes Rendus, 30 juin 1884.)

Note IV

Appelons u la somme des forces attractives, on aura, d'après la formule (1) de la note précédente :

$$u = \frac{d}{(d-e)^3}\sum_2^\infty \frac{1}{n^3} - \frac{1}{(d-e)^2}\sum_2^\infty \frac{1}{n^2},$$

d'où :

$$\frac{\partial u}{\partial (d-e)} = -\frac{3d}{(d-e)^4}\sum_2^\infty \frac{1}{n^3} + \frac{2}{(d-e)^3}\sum_2^\infty \frac{1}{n^2}$$

$$= \frac{1}{(d-e)^3}\left[2\sum_2^\infty \frac{1}{n^2} - \frac{3d}{(d-e)}\sum_2^\infty \frac{1}{n^3}\right]$$

égalant à 0 la quantité placée entre parenthèse, on trouve pour la valeur du maximum :

$$(d-e) = \frac{3d\sum_2^\infty \frac{1}{n^3}}{2\sum_2^\infty \frac{1}{n^2}} = \frac{3}{2}, \quad \frac{0{,}202058}{0{,}64493}\, d = 0{,}469\, d.$$

Note V

Soit une file de molécules m équidistantes et placées sur une droite parallèle à OY, à une distance x de cet axe. Cherchons l'action de toutes ces molécules, suivant la direction OX, sur une molécule M placée à l'origine des coordonnées. Une molécule quelconque de la file, placée à une distance r de M, aurait pour action, d'après la formule précitée, $f_x = \mathrm{KM}m\,\frac{d-r}{r^3}\frac{x}{r}$; mais $r = \frac{x}{\cos x}$, d'où $f_x = \mathrm{KM}m\left(\frac{d}{x^3}\cos^4 x - \frac{1}{x^2}\cos^3 x\right)$. Notre but étant de considérer

des files de molécules qui en contiennent le même nombre par unité de longueur, quelle que soit la valeur de x, nous aurons pour l'expression Δy_1, comptée sur la tangente d'une circonférence ayant l'unité pour rayon, et en appelant Δy la distance réelle des molécules : $\Delta y_1 = \frac{\Delta y}{x}$. Ce sera cette valeur qui devra servir à calculer la variation de α et à intégrer les termes en $\cos^4 \alpha$ et $\cos^2 \alpha$. x est constant pour la file considérée, et, en passant à la limite, on aura $\partial y_1 = \frac{\partial y}{x} = \partial \frac{y}{x} = \partial . \operatorname{Tg} \alpha = \frac{\partial \alpha}{\cos^2 \alpha}$, d'où :

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \cos^4 \alpha \partial y_1 = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \cos^2 \alpha \partial \alpha = \frac{\pi}{2} \text{ et } \int_{-\infty}^{+\infty} \cos^2 \alpha \partial y_1 = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \cos \alpha \partial \alpha = 2.$$

Nous aurons pour l'action totale de la file de molécules sur la molécule M, suivant la direction OX :

$$F_x = KMm \left(\frac{\pi}{2} \frac{d}{x^3} - \frac{2}{x^2} \right) = \frac{2KMm}{x^3} \left(\frac{\pi d}{4} - x \right).$$

Si maintenant nous considérons, dans l'espace, un plan parallèle au plan ZOY, sur lequel serait placée une série de files équidistantes, parallèles à OZ, files composées de molécules également équidistantes et si nous cherchons la projection sur OX de l'action des molécules contenues dans ce plan sur une molécule M placée à l'origine des coordonnées, nous pourrons, d'après la formule ci-dessus, remplacer toutes ces files de molécules par des molécules équidistantes, appartenant à la trace du plan considéré sur le plan XOY. Il est évident qu'en appliquant un calcul identique au calcul précédent, on obtiendra pour l'action totale du plan dans la direction OX,

$$F_{Px} = KMm \left(\frac{\pi^2}{4} \frac{d}{x^3} - \frac{4}{x^2} \right) = 4 \frac{KMm}{x^3} \left(\frac{\pi^2}{16} d - x \right).$$

On pourra donc remplacer l'action totale d'une série de plans parallèles au premier (soit celle d'un solide) par celle d'une file OX de molécules également équidistantes.

Pour effectuer le calcul dans le cas de files composées de masses inégales, il suffit de remarquer qu'on ne peut annuler ni m, ni m' dans la formule générale $Kmm' \frac{d-x}{x^3}$ sans annuler la fonction elle-même. Celle-ci définit donc les corps par le produit de deux masses.

et par la représentation des forces attractives et répulsives qui s'exercent entre elles ; par conséquent, toute file de molécules d'un corps ayant des dimensions déterminées devra contenir un nombre *pair* de ces masses élémentaires ; si ces dernières sont alternées et si la file commence par une masse m, elle se terminera nécessairement par une masse m'. On calculera l'action de ces masses sur une masse M, placée à l'origine des coordonnées (l'axe OX étant perpendiculaire sur le milieu de la file) en faisant la somme des actions de deux files, l'une composée de masses m, placées à une distance Δy, l'autre de masses $m'' = m' - m$, placées à une distance $2\Delta y$. On devra remarquer également que les masses m'' ne sont pas distribuées symétriquement par rapport à l'axe des x ; leurs distances comptées sur $\pm$ OZ, étant successivement $\left(\frac{3}{2}, \frac{7}{2}, \frac{11}{2}, \ldots\right) \Delta y$, deviendront, sur $\mp$ OZ, $\left(\frac{1}{2}, \frac{5}{2}, \frac{9}{2}, \ldots\right) \Delta y$, et donneront ainsi une composante qui pourra être exprimée par la formule générale $\mathrm{KM}m'' \frac{d - x'}{x'^3}$, x' ayant une valeur déterminée. Ce raisonnement s'appliquant aux files parallèles à OY, et par une simple décomposition de forces à des files obliques, nous pouvons déduire de ce qui précède la conclusion suivante : *L'action d'un corps quelconque, formé de files de molécules parallèles à trois plans donnés sur une molécule extérieure* M, *est la même que celle d'une file de molécules passant par* M *et perpendiculaire à l'un des plans. Elle donne, en outre, deux composantes, dirigées suivant des perpendiculaires aux autres plans.*

Ces composantes peuvent s'annuler dans certains cas, et toutes ces actions peuvent être représentées par la formule empirique $\mathrm{KM}(m) \frac{d - x}{x^3}$.

(Extrait des Comptes Rendus, 20 avril 1885.)

Note VI

En effet, l'attraction de l'unité de masse sur l'unité de masse à l'unité de distance est une constante ; on a donc, en faisant dans la formule $\mathrm{F}(x) = \mathrm{K}mm' \frac{d - x}{x^3}$, $m = m' = 1$ et $x = 1$:

$$\text{Constante} = \mathrm{K}(d - 1)$$

d'où $d = \text{constante}$. C. Q. F. D

Note VII

La formule (2) permet de calculer la valeur numérique de K. On a, en effet, en appelant P le poids d'un corps de masse m', M la masse de la terre et R son rayon :

$$P = m'g = -\frac{KMm'}{R^2} \qquad \text{d'où} \qquad -K = \frac{gR^2}{M}$$

Note VIII

Nous ne connaissons pas les corps au o absolu, ils ne se présentent à nous que sous l'influence d'un travail calorifique plus ou moins considérable.

Pour tenir compte de ce travail, il faut retrancher (fig. 2), du travail total de solidification, une surface égale à celle du travail calorifique, en le considérant d'abord comme un travail de dilatation, puis de changement d'état, s'il y a lieu. On en déduira d'après l'équivalence des forces naturelles (3°) la valeur d'une force quelconque produisant le même effet sur un corps solide, liquide ou gazeux. En faisant le calcul pour M et pour m et en ajoutant à chacune de ces valeurs la somme algébrique des forces extérieures, on aura les valeurs de φ et de φ'.

Note IX.

En appliquant l'équation du travail élémentaire exprimé en coordonnées polaires, on a d'une part :

$$(1) \qquad KMm\frac{d-\rho}{\rho^3}\partial\rho = mv\partial v.$$

D'autre part, la force étant une force centrale, la loi des aires donne :

$$(2) \qquad \rho^2\partial\omega = K'\partial t$$

et l'expression générale de v en fonction de la vitesse angulaire donne également :

$$(3) \qquad v^2 = \frac{\partial\rho^2 + \rho^2\partial_{\omega^2}}{\partial t^2}.$$

Éliminant ∂t entre (2) et (3) et prenant la différentielle, on trouve :

$$2v\partial v = K'^2\partial\left[\left(\partial\frac{1}{\rho^2}\right)^2\frac{1}{\partial\omega^2} + \frac{1}{\rho^2}\right]$$

d'où :

$$KM\left[\frac{d}{\rho^3}\partial\rho - \frac{\partial\rho}{\rho^2}\right] = K'^2\partial\left[\left(\partial\frac{1}{\rho^2}\right)^2\frac{1}{\partial\omega^2} + \frac{1}{\rho^2}\right].$$

Cette équation intégrée une première fois donne :

$$-\frac{KMd}{2\rho^2} + \frac{KM}{\rho} + C = \frac{K'^2}{2}\left[\left(\partial\frac{1}{\rho^2}\right)^2\frac{1}{\partial\omega^2} + \frac{1}{\rho^2}\right]$$

d'où on tire :

$$\partial\omega^2 = \frac{\frac{1}{2}K'^2\left(\partial\frac{1}{\rho^2}\right)^2}{\frac{KM}{\rho} - \left(\frac{KMd}{2} + \frac{K'^2}{2}\right)\frac{1}{\rho^2} + C},$$

en posant :

$$a = \frac{2C}{K'^2}, \qquad b = \frac{KM}{K'^2}, \qquad c = 1 + \frac{KMd}{K'^2}$$

on trouve :

$$\partial\omega = \frac{\pm\partial\frac{1}{\rho}}{\sqrt{a + 2b\frac{1}{\rho} - c\frac{1}{\rho^2}}}$$

qu'on peut transformer ainsi :

$$\sqrt{c}\,\partial\omega = \frac{\frac{\pm\sqrt{c}\,\partial\frac{1}{\rho}}{\sqrt{a + \frac{b^2}{c}}}}{\sqrt{1 - \frac{\left(\frac{\sqrt{c}}{\rho} - \frac{b}{\sqrt{c}}\right)^2}{a + \frac{b^2}{c}}}}$$

équation qui intégrée donne immédiatement :

$$\sqrt{c}\,\omega = \text{arc, cos} = \frac{\frac{\sqrt{c}}{\rho} - \frac{b}{\sqrt{c}}}{\sqrt{a + \frac{b^2}{c}}} + C'$$

En choisissant l'origine de façon que pour $\omega = 0$, l'arc soit égal à $\frac{\pi}{2}$, $C' = 0$. On a donc finalement une équation de la forme :

$$\rho\,(1 \pm \alpha\,\cos.\,\sqrt{c}\,\omega) = \beta$$

TABLE DES MATIÈRES

PAGES

Préliminaires. 388
Propositions fondamentales. 390

PREMIÈRE PARTIE

m et *m'* n'ont pas de vitesse initiale

Chapitre Ier. — *d* est négligeable par rapport à *x*. 392
Chapitre II. — *d* n'est pas négligeable par rapport à *x*. . . . 392
§ I. — On ne tient pas compte des valeurs relatives de *m* et de *m'* 393
Corps solides. 393
Corps liquides 395
Corps gazeux. 396
§ II. — On tient compte de la valeur relative de *m* et de *m'* . . 398
Actions de contact 399
Dissolutions, dilutions. 601
Actions chimiques 605
Chaleurs spécifiques 608

DEUXIÈME PARTIE

m et *m'* ont une vitesse initiale

§ I — La vitesse relative de *m'* est dirigée suivant la droite qui joint *m* et *m'* 611
§ II — La vitesse relative de *m'* est dirigée obliquement à la droite qui joint *m* et *m'* 614
Conclusion 617
Notes justificatives. 618

LA MARINE

A

L'EXPOSITION UNIVERSELLE D'ANVERS

PAR

M. JULES GAUDRY

Les industries maritimes à l'Exposition d'Anvers, dont j'ai reçu mission de présenter le compte rendu, offrent un grand intérêt; non que ses spécimens soient nombreux et d'un principe nouveau, mais parce qu'ils sont *typiques*, c'est-à-dire qu'ils caractérisent les tendances et systèmes actuels de la plupart des peuples d'Europe, non seulement pour la marine de guerre qui subit en ce moment de si profondes transformations, mais aussi pour la marine commerciale qui n'importe pas moins à la puissance et à la sécurité de la nation, ce qui n'a plus besoin d'être démontré.

Les peuples qui s'appliquent aux industries de la navigation n'ont pas tous exposé à Anvers : Il n'y a rien de la Russie qui a, dit-on, une magnifique marine de guerre et d'importantes entreprises de navigation fluviale, ni de la Suède dont les constructions sont si originales et si soignées, ni de l'Autriche qui a sur le Danube et ses affluents une batellerie considérable et qui vient de faire à Trieste un port des plus perfectionnés, ni de l'Espagne qui a deux grandes Compagnies transatlantiques protégées à tout prix par son gouvernement, ni de la Suisse dont il ne faut pas rire, car elle a sur ses lacs des flottilles nombreuses très réussies et elle a deux ateliers qui excellent à construire pour l'étranger

les instruments de navigation. Il n'y a rien non plus à Anvers des Etats-Unis, la seconde des puissances maritimes du monde, et dont les navires ont un caractère tout spécial, ni du Mexique qui veut aussi être une puissance maritime et fait concurrence aux Compagnies d'Europe avec de très beaux navires de construction anglaise.

La Belgique, la France, l'Angleterre, l'Italie, la Hollande, l'Allemagne nous montrent seuls à Anvers, tout au moins, des modèles et plans de leurs constructions navales propres à nous préciser les systèmes actuels et l'état de la science.

1° BELGIQUE

Commençons le compte rendu par les Belges, nos hôtes (1). Ils nous ont d'abord fait visiter leur port d'Anvers, dont nos collègues Hersent et Couvreux, entrepreneurs français, sont sur le point d'achever les derniers grands travaux, notamment les 3 kilomètres de quai sur l'Escaut si ingénieusement fondés sur caissons de tôle.

Les Français qui ont conçu et commencé un port à Anvers au début de ce siècle et qui ont entrevu son grand avenir, ne s'étaient pas trompés. Il nous a été donné d'étudier à Anvers le port de commerce accessible à toute heure de marée, le mieux compris et outillé, le plus intelligemment administré (2), sans ces abus de bureaucratie qui font en d'autres lieux le désespoir des marins.

Le port d'Anvers est par excellence le port international ouvert à tous les pavillons; mais où celui de la Belgique jouit en même temps, sinon de faveurs spéciales, tout au moins d'appui et de sympathies locales qui devraient servir de leçon à certaines Chambres de commerce prêtes à inviter tout d'abord les étrangers, prétendant que le pavillon national viendra toujours chez lui forcément.

(1) On ne peut se rappeler le voyage que la Société des ingénieurs de France vient de faire en Belgique sans avoir besoin d'exprimer la reconnaissance pour les réceptions distinguées et parfois triomphales qui nous ont été faites et pour ce libéralisme qui est une des gloires de la Belgique, avec lequel nous avons été admis à étudier tout ce qui pouvait nous instruire.

(2) Un commandant de paquebot espagnol nous disait : « Je fais en 3 jours à Anvers les manœuvres qui me demandent 8 jours au Havre. Je ne vais que lorsque j'y suis forcé, chez les Anglais, avec lesquels le libre échange n'est en fait qu'une illusion. J'aime beaucoup les Français, mais je ne vais dans leurs ports que lorsque je ne suis pas pressé.

Au point de vue de l'outillage et de la simplicité des rouages administratifs, Anvers nous a paru aussi une grande leçon : Les Belges, qui veulent se donner des ports, ont commencé, comme les Italiens à Gênes, par ne faire que celui d'Anvers où ils ont consacré toutes leurs ressources. Les derniers grands travaux auront duré 3 ans et c'est seulement aujourd'hui que l'œuvre peut être considérée comme achevée et propre à satisfaire pour longtemps aux besoins présents et futurs de la marine, qu'ils pensent à créer d'autres établissements.

Je crois être l'interprète de nos camarades du voyage en Belgique, en formulant le vœu : *que la France consacre pareillement les crédits de ses budgets et l'activité de ses chantiers à compléter, au plus vite et avec ampleur de prévisions, un petit nombre seulement de ports principaux,* au lieu de travailler, comme il se fait en ce moment, sur 52 places de nos plages dont aucune ne pourra offrir avant 10 ans le port perfectionné qu'attend la marine moderne; sinon la loi récente sur la marine marchande n'atteindra qu'imparfaitement son but et la France, avec son beau matériel naval de création récente, ressemblerait à un réseau de chemins de fer bien outillé de locomotives et de wagons, mais qui n'aurait pas de gares.

L'outillage du port d'Anvers, que l'administration locale nous a fait visiter en détail, est le même que celui qui abonde en Angleterre, au petit port de Leith, comme à Londres et à Liverpool, et qui active si merveilleusement les manutentions aussi bien dans les ports que dans toutes gares de chemins de fer. Ce sont les ponts, grues et treuils, généralement actionnés automatiquement suivant le principe hydraulique d'Armstrong. Ce sont les gigantesques appareils élévatoires, pour mâter et réparer les navires, enlever les chaudières de steamers, charger et décharger les plus lourds fardeaux.

On a fait spécialement manœuvrer sous nos yeux, sans avis préalable, nous a-t-il été assuré, le grand appareil élévatoire qui a monté en 8 minutes, à 10 mètres de haut, une charge de 100 tonnes. Puis, ensuite, un pont long de 48 mètres qui, en une minute et demie, s'est effacé pour donner passage aux navires et pareillement, en une minute et demie, est revenu rétablir la circulation de la rue.

Tous ces instruments d'exploitation maritime sont, à Anvers, si nombreux, si bien distribués sur les quais, que les navires n'ont presque pas besoin de se déplacer pour venir les trouver ; de même qu'il n'est pas besoin d'aller laborieusement chercher, soit la permission d'emploi, soit le mécanicien de service (1).

Ce qui impressionne également dans la visite du port d'Anvers, comme dans les grands ports anglais, ce sont des quais magnifiquement spacieux, remplis de voies ferrées, avec locomotives spéciales prémunies de toutes manières contre le danger d'incendie, lesquelles vont partout, jusque dans les docks, pourvus eux aussi, d'élévateurs, de treuils et des rails.

Le port tout entier d'Anvers semble une immense gare de chemin de fer largement reliée à tout le réseau continental, avec de telles combinaisons de services et de tarifs, qu'entre autres exemples, nous pouvons citer celui d'un de nos constructeurs de machines, qui charge dans sa cour sur wagon, transborde dans le navire d'Anvers directement et expédie pour Bordeaux, avec plus de facilité et d'économie que par toutes autres voies, bien qu'il soit moins éloigné de trois ports français.

De la marine belge, il y a peu à dire : d'après un état officiel du fin décembre 1876, elle comprenait 48 navires de commerce, non compris les bateaux de pêche. Mais tous les peuples envoyant à Anvers leurs bâtiments, le mouvement annuel se totalisait par plus de trois millions de tonneaux. Depuis, les progrès belges ont été considérables, aussi bien pour le nombre des navires que pour le mouvement du trafic, sans que le premier ait pris, à beaucoup près, le développement du second.

On ne nous a signalé que deux grandes flottes commerciales propres à la Belgique, celles de la *Red-Star line* et de la Compagnie *Walfort*. Encore croyons-nous que ce sont plutôt deux compagnies étrangères portant pavillon belge, plus ou moins protégées et qui ont à Anvers leur tête de ligne et leurs agences.

On nous a fait visiter un des paquebots de la *Red-Star line*, bien

(1) Nous savons très bien que dans d'autres ports et gares que ceux de la Belgique et d'Angleterre, il y a des grues et des ponts du système Armstrong. Ils ne servent ni ne sont demandés. Ce qui est dit de la multiplicité sous toutes formes et du libéralisme de leur emploi l'explique. L'armateur aime mieux s'en passer que d'aller les trouver parfois en d'autres bassins et d'attendre qu'il ait liberté de s'en servir pratiquement. Nous ne parlons pas des indignes oppositions de porte-faix monopoliseurs, qu'on n'a pas le courage de vaincre, ni de certaines exigences fiscales qui rendent inutiles de magnifiques travaux.

installé à la moderne et de grandes dimensions avec machine Compound à deux cylindres; bon type, en un mot, des paquebots ordinaires à moyenne vitesse pour transport de fret et passagers de toutes classes.

Le *Westernland* est le plus nouveau et le plus perfectionné des paquebots de la *Red-Star line;* construit en 1883, par Laird, de Birkenhead sur la Mersey, il est entièrement en acier; il a 138 mètres de long, 14m75 de large, 11m50 de creux, 6,000 tonnes de déplacement au tirant d'eau de 7m90. L'intérieur est divisé en quatre étages, plus les superstructures ordinaires et considérables du haut pont. Le navire est gréé, comme la plupart des grands paquebots modernes, avec quatre mâts et deux cheminées. La machine, du type pilon Compound à deux cylindres, peut fournir une puissance motrice de 6.000 chevaux, limitée ordinairement à 4,000 chevaux nets indiqués.

La Compagnie *Walfort* a, d'autre part, à Anvers un matériel considérable et un très vaste réseau de lignes sur toutes directions. Ses relations sont surtout très développées avec l'Espagne.

La navigation fluviale et celle des canaux sont importantes en Belgique. Ce que nous savons de la batellerie qui les exploite ne donne lieu à aucune remarque. Les steamers pavoisés aux couleurs françaises et belges, qui, sur la Meuse et sur l'Escaut, nous ont conduits l'un à Seraing, l'autre à *Villebröeck* chez M. de Naeyer (1), où nous a été faite une si magnifique réception, datent de plus de trente ans; cependant les machines pourraient encore presque servir de modèle, si le principe Compound ou Woolf, qui leur manque, n'était aujourd'hui la loi générale.

La Belgique construit des navires de tous ordres jusqu'aux plus grands cuirassés, sinon pour sa propre marine, au moins pour l'étranger, notamment, à l'heure actuelle, pour la Russie, et je crois pour l'Italie; mais, en ce qui concerne celle-ci, à l'état seulement de pièces détachées, car l'Italie est très fière de construire elle-même sa marine, comme au temps du consul Duilius, dont on a donné le nom au plus remarquable de ses cuirassés cloisonnés.

(1) Il est malheureusement hors de notre Compte rendu de parler de l'immense papeterie modèle de M. de Naeyer, de ses ateliers accessoires et des institutions de bienfaisance organisées et dirigées par Madame de Naeyer, lesquelles nous ont si vivement impressionné. Les ateliers de construction rentreraient presque dans nos études maritimes par la fabrication des chaudières à évaporation rapide (genre Belleville) qui constituent le *système de Naeyer*.

Les Belges n'ont qu'un seul établissement de constructions maritimes, mais c'est celui de Seraing (sur la Meuse, près Liège) que nous avons été admis à visiter avec une exquise courtoisie.

On sait que c'est un des établissements les plus gigantesques du monde, où sont réunis les mines, les hauts fourneaux et fours à coke, les forges et aciéries, les ateliers pour toutes sortes de machines, locomotives et marines comprises; enfin un immense chantier pour la construction des ponts et charpentes en fer, plus les habitations ouvrières, le tout réuni dans la même localité.

Le compte rendu spécial qui sera fait sur ces immenses usines dira comme nous avons été impressionnés d'abord par les institutions moralisatrices et de bienfaisance qui abondent pour le personnel de tout grade, et ensuite par l'ordre et la tenue qui, d'ailleurs, paraissent généralement caractériser l'industrie belge.

Il nous a été affirmé que cet ordre et cette tenue n'étaient pas autres que ceux de tous les jours et que les résultats économiques *sont considérables.*

C'est une particularité de notre voyage très importante à constater, à propos d'un peuple qui, par le bas prix de ses produits, fait à nos industries une dangereuse concurrence et paraît avoir toute raison pour lui de nous demander le libre échange.

Nous devions nous appliquer à étudier si ces bas prix belges avaient pour raison d'être un outillage et des procédés particuliers de travail. Il ne nous a pas paru que les systèmes et méthodes fussent différents de ceux de nos bons ateliers français.

En ce qui touche spécialement la marine, à laquelle est consacrée à Seraing une halle de montage haute et vaste comme une cathédrale, nous avons cependant remarqué deux outils curieux appliqués à la fabrication des chaudières en tôles épaisses et dont on fore les trous à rivets, au lieu de les poinçonner.

L'un de ces outils est une batterie de foreuses multiples et articulées pour travailler ensemble sur place, en tout endroit de la chaudière, avec une grande rapidité.

L'autre machine est une sorte de raboteuse qui découpe *ovalement* les *trous d'homme* et ceux des tampons de lavage de ces mêmes chaudières.

Nos constatations n'ont été ni bien accentuées ni même exemptes d'un peu de contradiction sur le fait, aujourd'hui capital en éco-

nomie industrielle, du même ouvrier conduisant plusieurs machines-outils, multipliant les couteaux tranchants, combinant leurs passes d'ébauchage et de finissage, et dressant partout une pièce sur la même machine-outil autant qu'il se peut faire, surtout si elle est de celles que leur grandeur et leur poids rendent dispendieuses à manutentionner.

On sait que c'est là ce qui caractérise les ateliers anglais, où l'ouvrier débite l'ouvrage avec tant de rapidité et finalement avec grande économie, bien que les salaires soient très élevés. C'est ainsi que nous avons vu chez Penn, à Greenwich, ajuster en 15 jours à quatre couteaux un arbre de machine marine, qu'on ne peut pas fournir autre part en un temps double.

Quoi qu'il en soit, nous sommes revenus de Belgique avec la conviction que nos ouvriers ont à perdre bien des illusions, à modérer leurs exigences, et *surtout à rendre leur production* BEAUCOUP PLUS ACTIVE, s'ils ne veulent pas, étant les premières et plus intéressantes victimes, voir fermer les usines françaises écrasées par la concurrence étrangère, contre laquelle ils ne permettent pas la lutte, comme avaient disparu presque tous nos chantiers de constructions maritimes.

Or, comme nous savons bien tous qu'il ne faut plus compter sur la protection douanière à outrance, c'est là une vérité déjà rendue évidente par les faits, qu'à notre retour du voyage en Belgique, nous ne saurions trop faire entendre à nous-mêmes et à nos collaborateurs, les ouvriers.

Ces considérations d'ordre général ne sont pas étrangères à notre compte rendu de l'exposition maritime, car c'est la construction même des machines marines à Seraing qui nous les a inspirées.

La fonderie de ces usines nous a fourni un spécimen curieux de l'habileté et de la patience des ouvriers : c'est une machine marine où les deux cylindres, le condenseur, la base et les bâtis, tout l'appareil, en un mot, est coulé d'une seule et même pièce d'une très belle venue ; il va sans dire qu'on ne nous a montré là qu'un tour de force de moulage pour l'exposition, sans aucune idée d'application courante.

Quant à la grande machine de Seraing, à l'exposition d'Anvers, c'est l'une des deux jumelles d'un grand cuirassé russe à deux

hélices, dont la coque est en construction aux chantiers d'Hoboken, succursale que la compagnie de Seraing possède sur l'Escaut en aval d'Anvers.

Suivent les principales dimensions du navire, appelé *Tchesma* :

Longueur	95m
Largeur	21m
Déplacement	8500 tx
Puissance motrice indiquée	9,000 ch.
Vitesse demandée	15 nds.
Hélice-diamètre	5m40
Pas	5m60
Nombre de tours par minute	90
Cylindre diamètre H. P.	1m70
B. P.	2m10
Course	1m145
Chaudières : nombre	14.
Surface de grille totale	100mq
Surface de chauffe id	3,035mq
Pression au manomètre	6k,68

On remarquera, dans ce tableau, la rapidité des mouvements imprimés à la machine par les 90 tours, correspondant à une vitesse de 3m43 par seconde pour le piston, dont la course est réduite à 1m14. C'est le système opposé à celui de nos grands paquebots de dernière construction, où la course varie de 1m70 à 1m83 avec une rotation de 55 à 60 tours.

Quant à la puissance motrice, la notice distribuée à l'exposition dit qu'elle pourra être poussée jusqu'à 11,280 chevaux.

Nous ne connaissons pas le tirant d'eau du Tchesma. Les diverses marines en font un peu mystère, car il s'agit aujourd'hui en guerre navale de ne plus rester en ces grandes profondeurs, où on a été forcément tenu dans les dernières expéditions. Il nous a paru que le tirant d'eau d'environ six mètres, assez général en ce moment, était à peu près celui du Tchesma.

Bien que la machine du Tchesma soit la plus importante de l'exposition d'Anvers, nous pouvons nous dispenser de la décrire et d'en reproduire le dessin qu'on a bien voulu envoyer à la

Société des ingénieurs : c'est un spécimen du type aujourd'hui classique dit Compound Vertical sur colonnes, à trois cylindres sur la même ligne, les manivelles conjuguées à 120 degrés, le cylindre du milieu étant celui qui le premier reçoit la vapeur à haute pression, laquelle se déverse dans les deux autres cylindres dits à basse pression.

C'était le type du grand appareil du Creusot à l'exposition parisienne de 1878 et du modèle anglais de Penn au même concours international. C'est le système ordinaire de notre Compagnie française des Messageries maritimes et de plusieurs des grands paquebots anglais de construction récente, notamment l'*Umbria*, le nouveau *grand coureur* de la Compagnie Cunard.

Il est l'opposé du système Woolff proprement dit, à cylindres superposés, qui est celui de la *City of Rome* et de *l'Orégon*, et que nous allons retrouver dans nos paquebots de la Compagnie transatlantique française.

La machine marine de Seraing qui est exposée est très soignée, comme sa jumelle que nous avons vue en montage aux ateliers. Elle est en outre très bien disposée et dégagée pour la visite et les soins à donner en route ; ce qu'il faut louer, car il n'est pas rare que les machines marines soient une inextricable forêt de tiges dont on ne peut approcher pour serrer un joint ou tâter un coussinet, sans être forcé de stopper.

On remarque également que les poids des pistons et bielles sont équilibrés avec soin par ceux des pompes à air qui fonctionnent en sens contraire, par l'intermédiaire de balanciers, en vue de neutraliser des actions perturbatrices bien connues, ce qui cependant ne se fait pas toujours, au grand préjudice du jeu facile et économique, et de la douceur de mouvement des machines.

A l'exposition d'Anvers, il était très intéressant de voir fonctionner le grand appareil du *Tchesma*, non par la vapeur, mais par pression d'air que fournissait une de ces belles machines soufflantes, système vertical bien connu de Seraing, qui était exposée à côté de la machine marine. Cette soufflerie, l'une des plus grandes de son type, était, comme le Tchesma, construite pour la Russie qui fait aujourd'hui ses fers comme presque tous les peuples, et qui a exposé aussi à Anvers ses combustibles et ses minerais.

Pour cette même nation, les établissements de Seraing avaient aussi construit, dès 1884, de nombreuses canonnières blindées.

Tant pour la Belgique que pour divers peuples, nous comptons un grand ensemble de bâtiments de guerre et de commerce, desquels on peut conclure que l'établissement de Seraing figure parmi les grandes entreprises de constructions maritimes d'Europe.

A l'exposition d'Anvers était une autre machine marine de cette maison : Compound proprement dite, à deux cylindres inégaux, montée comme la précédente, verticalement sur colonnes, appareil de 800 chevaux destiné à un de ces navires de transport qui, sous le nom de *Cargoboat*, constituent l'outil économique de la marine moderne et rendent impossible avec lui la lutte de l'ancien outillage maritime.

2° FRANCE

On sait qu'à Anvers l'exposition française, non seulement était considérable, mais qu'elle a été rarement aussi choisie dans toutes les industries, avec cette sincérité et ce libéralisme que nous avons admiré chez les Belges.

La France a onze grandes entreprises de transport maritime et huit principaux établissements de construction, non compris ceux de l'État. Mais en comptant les établissements des Messageries maritimes à la Ciotat et ceux de la Compagnie transatlantique à Saint-Nazaire, qui n'ont guère encore travaillé que pour leurs propres besoins.

Bien que la plupart de ces établissements soient puissamment outillés et qu'ils n'en soient plus à faire leurs preuves de bonne et rapide production, on va voir qu'ils sont bien peu nombreux comparativement à ceux des Iles britanniques, lesquels sont en outre presque tous merveilleusement favorisés par leur situation, mais surtout, comme, à Seraing, par la réunion au même lieu de toutes les industries principales et accessoires qui intéressent la construction maritime, à commencer par les forges spéciales pour les tôles et membrures. Celles-ci ont les laminoirs et les fours toujours prêts à fonctionner aussitôt la commande, si les magasins ne sont pas à l'avance

approvisionnés suivant les types consacrés et pour ainsi dire classiques, dont les Anglais ne sortent que rarement (1).

Bien contraire a été jusqu'ici la situation des chantiers français n'ayant pas de forges spéciales en travail courant et où nous avons eu à attendre les fers jusqu'à 6 mois.

Si nous devons nous féliciter de voir nos chantiers et ateliers maritimes se compléter en améliorant leur situation, ne faisons cependant pas des vœux pour qu'ils se multiplient et s'accroissent, puisque le nombre est déjà plus que suffisant pour nos besoins et qu'ils ont déjà peine à assurer le courant de leurs travaux.

De nos établissements de constructions maritimes, trois seulement ont exposé à Anvers, savoir : notre collègue Claparède, la Compagnie générale transatlantique et la Société des forges et chantiers de la Loire.

La section française contenait aussi, à l'usage des navires, des appareils d'armement de toutes sortes, sur lesquels nous regrettons de n'avoir pas pu recueillir des renseignements, car toutes cette *machinerie secondaire de la navigation* a pris une grande importance et elle constitue des industries spéciales considérables.

Les bâtiments de guerre et de commerce ont d'abord le guindeau ou grand cabestan, les ancres et tout leur attirail mécanique, les treuils, au moins quatre par grand navire, pour toutes sortes de manutentions et manœuvres, dont le mécanisme actionne en même temps les pompes à incendie, à nettoyage et épuisement de voie d'eau.

Viennent ensuite, pour la machine et les services divers, une multitude de pompes et autres engins ; puis, les élévateurs à escarbilles et ceux des offices, etc. ; les installations de timonerie avec *servo-moteur*, mécanisme de gouvernail, frein, drosses, axiomètres, transmetteurs d'ordre à répétition, les compas et boussoles.

L'éclairage électrique existant aujourd'hui sur tout navire soigné a sa machinerie et son puissant moteur ; le chauffage et l'aérage ont leurs ventilateurs, une tuyauterie de longueur kilo-

(1) On sait que les dimensions réglementaires et consacrées des navires qu'on veut faire garantir par la *cotte* et assurer sont consignées à la publication du *Veritas* et du *Lloyd*.

métrique et une multitude de valves. Il y a les signaux et phares à feux de nuit.

Enfin les navires de guerre ont toute leur machinerie pour la manœuvre automatique des canons, de leur culasse mobile, de leur charge, de leurs tourelles tournant comme nos *tables tournantes* de chemins de fer, tantôt par la vapeur, tantôt par la pression hydraulique.

Et le jour n'est pas loin où la plupart des manœuvres de la mâture et le chargement des foyers de chaudières se feront mécaniquement avec le personnel le plus réduit à bord.

Voilà toute la *machinerie secondaire* du navire, dont nous voudrions pouvoir entretenir la Société des ingénieurs, autant pour appeler de nouvelles études que pour signaler les travaux des habiles spécialistes existant non seulement en Angleterre, mais aussi en France, tels que Caillard et Bossière du Havre, Stapfer de Marseille, Farcot, notre collègue de Paris, l'auteur des études sur les *servo-moteurs*, et autres.

Très intéressante aussi serait l'étude du matériel de la Compagnie de sauvetage à l'aide duquel s'accomplissent dans nos ports presque chaque jour de si héroïques dévouements.

Mais obligés de nous concentrer au principal matériel naval exposé à Anvers, nous nous occuperons d'abord des produits de notre collègue Claparède, qui a eu un diplôme d'honneur. Sa grande double machine a été appelée l'un des *clous* de l'exposition d'Anvers, non seulement parce qu'elle est le type du moteur des nouveaux grands *aviso-éclaireurs* à deux hélices et à faible tirant d'eau de la marine française, mais aussi parce que tout était montré au complet, à Anvers, comme il sera dans l'installation à bord, en boxes distinctes, chaque appareil pouvant fonctionner indépendamment des autres, avariés par projectiles ou autrement : par exemple, la chaudière de babord avec le mécanisme moteur de tribord ou inversement. Les condenseurs, leurs pompes, les ventilateurs, tant ceux qui soufflent les chaudières que ceux qui assainissent le navire, ont pareille indépendance. Un plan indiquait à Anvers le cloisonnage du navire et le curieux réseau de la tuyauterie.

Comme système, ce sont deux machines Compound horizontales sous la ligne de flottaison, qui se regardent et qui ont le mouvement et la distribution de vapeur des locomotives.

Nous sommes dispensés de décrire plus amplement cette machine et d'en donner ici le croquis ; le journal hebdomadaire anglais *L'Engineer*, s'en est chargé dans ses numéros 1554 à 1556 du mois d'octobre 1885, auxquels il suffit de renvoyer, en relatant simplement les dimensions principales.

Puissance motrice ordinaire		1.700 ch.
Diamètre des cylindres	H. P.	0m60
	B. P.	1m14
Course commune		0m50
Nombre de rotations par minute		160
Surface condensante		280m2
Surface de chauffe		328m2
Surface de grille		8m2
Pression manométrique		6 kil.

La machine a été prise sans choix parmi les douze semblables qui sont à livrer, sans aucune toilette d'exposition, sans même avoir ses enveloppes, dont l'absence fait voir la sincérité du travail, et nous n'étonnons personne en ajoutant que les résultats d'essai ont donné plus que les exigences du programme.

Autour de la grande machine qui précède, la maison Claparède avait exposé à Anvers les dessins modèles et cartons de plans de quatorze types de navires (1) de construction récente, tant aux ateliers de Saint-Denis qu'aux chantiers de Rouen. Nous passerons en revue les principaux.

1° Le *Gagry*, torpilleur de haute mer construit pour la Russie — à peu près le modèle de celui qui a récemment traversé Paris. Ce petit navire a fait le voyage de Saint-Denis, près Paris, à Sébastopol, viâ Brest, Lisbonne, Cadix, Alger, le Pirée, par de très mauvais temps, au milieu desquels il s'est comporté *en bon marin*, dit le rapport de l'officier. C'est là un fait significatif pour ce nouveau système de navire, appelé à jouer un grand rôle dans la guerre navale. La planche 108, figures 1 et 2, représente le navire en coupe extérieure et en coupe longitudinale par l'axe.

(1) Les photographies de la plupart de ces types et la notice ont été déposées au secrétariat de la Société.

Suit d'abord la correspondance des lettres.

a. Chaudière. Type locomotive.
b. Machine Compound à trois cylindres.
c. Ventilateur en forme de manche à vent.
d. Tube à lancer la torpille.
e. *Torpille-Cigard* de rechange.
f. Parallélogramme à charger la torpille.
g. Compresseur d'air à lancer la torpille.
h. Timonerie à servo-moteur abritée.
i. Seconde timonerie dite du pont.
j. Gouvernail d'avant, sous le navire.
k. Gouvernail d'arrière, ordinaire.
l. Bossoir ou potence de l'ancre.
m. Treuil Guindeau.
n. Stoppeur de l'ancre.
o. Petits canons à tir rapide.

La chambre d'équipage à l'avant, celle des officiers à l'arrière (de 9 à 16 hommes), les caisses à eau, à provisions, à munitions sont suffisamment indiquées dans le dessin, ainsi que la toiture qui enferme la coque par dessus et en fait presque un bâtiment sous-marin.

Les soutes à houille contenant douze tonnes sont latéralement de part et d'autre des machines et chaudières. On remarque la position de l'hélice en contre-bas, enfin le cloisonnement de la coque avec sept murs étanches en travers.

Restent à relater les dimensions principales.

Longueur	39m
Largeur	4m10
Creux	1m95
Déplacement en charge	75tx
Hélice : diamètre	1m90
Pas	2m108
Nombre de tours par minute	340
Vitesse	18 n.
Puissance indiquée	750 ch.
Pression manométrique	7k35

Cylindres, nombre	3
Diamètres . 1. H. P.	0m42
Diamètres . 2. B. P.	0m50
Course commune	0m38
Surface condensante	76m2
Surface de chauffe	124m2
Surface de grille	2m240
Poids de la machine	8.500k
— des chaudières	10.600k
— tout en ordre, machine, avec eau, mais sans le charbon	24 tonnes

Un autre dessin de M. Claparède est relatif à un modèle à peu près analogue de torpilleurs qui sont en grand nombre dans la marine française. Le n° 1 a servi de modèle en 1873; les nos 51 et 52 ont réalisé une vitesse de 20nds31 et 20nds34, soutenue sans fatigue pendant l'essai réglementaire de trois heures. Le n° 39 a atteint près de 21 nœuds, soit l'une des plus grandes vitesses obtenues en mer et nous allions dire la plus grande quand on nous a affirmé que la marine italienne a un torpilleur, de construction anglaise, ayant donné 22nds46. Outre que nous ignorons dans quelles données de service, on s'étonne que l'événement, tout au moins bien propre à émulation, n'ait pas fait plus de bruit.

L'exposition de M. Claparède, à Anvers, nous montre encore les types suivants :

Les canonnières *Lionne* et *Crocodile*, à puissance motrice de 425 chevaux sont des types de service courant, ayant été reçus avec éloges aux essais.

Le *Lynx* est un autre type de canonnières qui a été reproduit douze fois.

Les avisos *Bisson* et *Hussard*, à machine de 700 chevaux, ont pour particularité leur service économique, leur légèreté de machine, 375 kilogr. par cheval, l'excellent aérage de l'intérieur et leur chaudière à tirage forcé.

Les transports *Saône*, *Drac* et *Prévoyant*, les paquebots-poste des lignes corses, les beaux et puissants cargo-boats *Neustria*

et *Druentia* étaient également exposés à Anvers par leurs dessins, et ils prouvent qu'en France aussi, nous arrivons à ces élégantes formes de navires, où excellent les constructeurs anglais.

Le *Laborieux* est un remorqueur à hélice, de 600 chevaux, dont la vitesse en route libre, de 12 nœuds, demande une consommation de 815 grammes de houille par cheval et par heure. D'autres remorqueurs de la maison Claparède sont à roues avec un ingénieux mécanisme pour rendre très rapidement les deux roues indépendantes, en vue d'accélérer les manœuvres.

Le *Laprade* et l'*Albatros* sont des exemplaires d'avisos également à roues, types devenant rares. Ils ont été lancés à Saint-Denis en Seine et seront probablement les derniers navires importants qu'on verra mettre à l'eau aux environs de Paris, à cause des récents endiguements du fleuve.

Il nous reste à signaler, dans l'exposition de Claparède, à Anvers, deux types qui ont un intérêt particulier.

C'est d'abord la machine du croiseur la *Nayade*, triple Compound horizontale, avec distribution à soupapes, qui rappelle un peu dans son principe celle des classiques machines de Flachat au chemin de fer atmosphérique de Saint-Germain : le rapport de réception de la *Nayade* signale spécialement la promptitude, la sûreté et la facilité avec lesquelles se font toutes les manœuvres, ce qui est d'une bien grande importance, surtout pour les bâtiments de guerre.

La distribution à tiroir, dite en mouvement de locomotive, était devenue à peu près générale en marine, pendant que les Américains persévéraient dans leur classique machine à clapets et que partout, dans les machines d'usine, on adoptait pour la distribution de la vapeur le joli mécanisme à clapets de Sulzer ou les valves tournantes de Corliss. La grande machine de la *Nayade*, par Claparède, va peut-être ouvrir la nouvelle voie à la marine et on peut dès à présent signaler comme particulièrement applicable, cette variété du principe Corliss, si remarquable de simplicité radicale et d'élégance, qui constitue le *système Weelock*, déjà connu, et mis, en France, en exploitation par notre collègue Quillacq, concessionnaire du brevet.

Le dernier type de navire remarqué dans l'exposition de M. Claparède, à Anvers, a surtout un intérêt d'actualité. C'est celui des

canonnières françaises dites des rivières du Tonkin, à tirant d'eau de 50 centimètres.

La planche précitée la montre en vue extérieure et en coupe longitudinale par l'axe.

C'est un ponton contenant les provisions et munitions, ainsi que les chaudières, sur lequel s'élève un vaste rouff où sont la machine à l'arrière, les chambres d'officiers d'équipage dans les meilleures conditions d'habitation.

Le dessus du rouff est le principal poste de combat; il est entouré et couvert d'un blindage d'acier suffisamment protecteur contre les balles ennemies.

Une particularité curieuse est l'observatoire également blindé, que surmonte une tour ou cheminée dans laquelle on monte pour arriver à l'observatoire où est un canon revolver du système Hostchkiss.

Suit la concordance des lettres indicatives des principales parties du bâtiment sur le plan.

a. Chambre des machines.
b. Quartier des officiers.
c. Quartier de l'équipage.
} Au-dessous, magasins de vivres, agrès et munitions.

d. Chaudières, type locomotive avec 2 cheminées de front.
e. Magasins de munitions.
f. Puits et soute aux chaînes.
g. Poste blindé du commandant et timonerie.
h. Observatoire et mat de signaux.
i. Cheminée d'accès avec échelons.

Dans le navire et son armement tout est un prodige de légèreté, sans préjudice de la solidité.

Le propulseur est une paire de roues à l'arrière, actionnées par l'intermédiaire d'engrenage à dents obliques par une double machine à mouvements rapides, type de locomotive.

Nous devons ajouter que le singulier navire de M. Claparède n'est déjà plus un type isolé : il s'en est fait en Angleterre pour les rivières peu profondes de plusieurs de ses nombreuses colonies; non seulement pour la guerre, avec tôlage protecteur, mais aussi avec pleines ouvertures latérales pour service de transport et d'exploration.

Quant au système de roues en arrière, il y a longtemps qu'il est adopté en France, notamment sur la Saône, qui avait sa Compagnie des *mono-roues*. Notre vieux maître Cavé, dont Claparède est le successeur, a mis aussi ce système en pratique.

Après la considérable exposition de la Société Claparède, mais dans une autre partie éloignée du palais d'Anvers, on trouvait les modèles et dessins de la Compagnie transatlantique et de la Société des Chantiers de la Loire.

La Compagnie transatlantique, prochainement riche de soixante-dix paquebots, est une de celles qui ont puissamment contribué aux exigences des dernières expéditions militaires, et il suffirait des résultats effectués par ces flottes commerciales pour, s'il était encore besoin, démontrer quelle protection patriotique et populaire leur doit un pays. L'Angleterre, l'Allemagne, l'Espagne et l'Italie ne s'y trompent pas.

Les paquebots de commerce, même ceux des services postaux subventionnés, ne sont pas faits pour le combat,comme le demande encore l'ignorance, mais ils font les transports d'hommes et de matériel avec cette rapidité et cette économie que réalise seule la pratique de l'exploitation commerciale ; ils peuvent en outre rendre de grands services comme éclaireurs, comme *uhlans maritimes*, a-t-on dit, et on paraît se proposer de les armer au besoin en croisière ou en corsaires.

On a donc eu bien tort d'en faire les ennemis de la marine de l'État. La nécessité est égale de part et d'autre pour la défense nationale, avec des conditions de service toutes différentes : sur le navire de guerre, il y a beaucoup plus de monde à bord qu'il n'est besoin pour les manœuvres, parce qu'il faut prévoir la *part du feu;* l'art du commandant est moins de se presser et d'économiser la main-d'œuvre que d'occuper tout son monde pour le sauver de l'oisiveté. Sur le paquebot de commerce, au contraire, la loi est de produire le plus de travail avec le maximum d'économie et de personnel.

Le magnifique modèle que la Compagnie transatlantique a exposé à Anvers (modèle si complet qu'on peut étudier le navire mieux qu'à bord où on se perd dans son immensité), ce modèle, disons-nous, est celui d'un de ces paquebots postaux qui doivent être, comme

transporteurs rapides, les auxiliaires inévitables de la marine de guerre. Et on l'a si bien compris qu'on a été jusqu'à obliger la Compagnie à donner à ses navires les dispositions voulues et la consolidation pour les armer, au besoin, de sept canons de 140 millimètres, exigences dispendieuses du cahier des charges que nous relatons sans les juger.

Pour la construction et l'entretien de cette nouvelle flotte, la Compagnie transatlantique (comme l'a fait précédemment, à la Ciotat, la Compagnie des messageries), a créé à Saint-Nazaire un établissement de constructions navales de première importance, qui dès à présent dispense des commandes à l'étranger, sans empêcher cependant de prendre à l'industrie privée proprement dite, non seulement les fers et autres matériaux, mais les grosses pièces de machines et même des navires entiers et complets.

C'est ainsi que la Compagnie des forges et chantiers de l'Océan et de la Méditerranée à la Seyne, qui avait récemment rétabli après avaries, en l'améliorant sensiblement, le *Charles-Quint*, de la flotte d'Algérie, a eu la commande de deux des nouveaux paquebots, la *Bourgogne* et la *Gascogne*. Les deux autres, la *Champagne* et la *Bretagne*, restant aux établissements de Saint-Nazaire qui venaient de construire la *Ville-de-Tunis*, remettre à neuf le *Saint-Germain*, la *France*, le *Saint-Laurent* et autres, qu'on peut regarder aujourd'hui comme des navires neufs perfectionnés.

Dans l'un et l'autre chantier, ces constructions ont eu d'abord pour particularité une rapidité d'exécution dont on ne croyait capables que les chantiers de la Clyde. Les commandes ont été faites vers la fin de 1884 et voici la date du lancement des quatre paquebots :

1° *Champagne*, le 15 mai 1885;

2° *Bretagne*, le 9 septembre;

3° *Bourgogne*, le 8 octobre;

4° *Gascogne*, le 5 janvier 1886.

L'essai de réception aura lieu au printemps et, bien qu'il y ait eu retard de deux mois, par force majeure imprévue, sur laquelle il s'est répandu bien des erreurs, les quatre navires seront mis

en service à l'été prochain, soit vingt-deux mois après la commande.

Les quatre nouveaux paquebots vont constituer la flotte à grande vitesse de la ligne de New-York, avec la *Normandie*, déjà en service et qui est connue de la Société des ingénieurs. Mais, depuis que nous l'avons visitée au Havre, elle a subi aux ateliers de Saint-Nazaire des retouches et perfectionnements. Elle a acquis de nouvelles qualités nautiques, et une des plus belles vitesses connues. Une des dernières traversées entre le Havre et New-York (1) s'est faite en sept jours et dix-neuf heures. Celle au départ du Havre le 21 octobre, s'est faite en huit jours une heure et dix minutes, emportant 272 passagers et 14,152 colis; le retour s'est fait avec 483 passagers et 11,843 colis en huit jours onze heures et 35 minutes.

Il est remarquable qu'avec les données si variables de la mer, on soit arrivé à une telle uniformité de service ; on l'obtient d'ailleurs aujourd'hui avec presque la totalité de deux grandes flottes françaises, Transatlantique et Messageries.

Le *Saint-Germain*, qui n'a relativement qu'une faible puissance motrice et qui a effectué récemment un si beau voyage de transport au Tonkin, vient de faire mieux encore sur sa ligne ordinaire de New-York où il a gagné vingt-trois heures sur sa marche réglementaire.

Les quatre nouveaux paquebots, dont le modèle était à Anvers, sont en plus grand et avec plus de puissance, à peu près la reproduction de la *Normandie*. Ce sont les mêmes formes de coque, mais avec plus de finesse ; c'est le même gréement à quatre mâts de tôle d'une seule pièce, dite à pible, et deux cheminées, celles-ci, sur les nouveaux paquebots, ayant forme elliptique, intérieurement divisée en quatre cloisons, forme déjà usitée en notre marine de l'Etat et aux Messageries maritimes.

La disposition intérieure des nouveaux navires est la même que dans la *Normandie*. Aménagements de première classe vers le milieu, là où on souffre le moins des oscillations du navire. Puissent

(1) Quand on compare les traversées des paquebots anglais et français, on oublie que nous les comptons toujours du quai du Havre au quai de New-York, et non, comme souvent les Anglais, de Sandy-hook à Queenstown, à quoi il faut ajouter plus d'un jour pour arriver en France avec trois transbordements. Il en est de même de certains tarifs dits *réduits*, qui laissent en dehors le service, le vin, le médecin, etc., qui sont compris en bloc sur nos principaux paquebots français.

les nouveaux paquebots avoir la stabilité de la *Normandie*, dont ils dépassent la splendeur décorative et le confortable, étudiés avec des soins nouveaux !

On a dit qu'un paquebot postal de première classe est le *grand Hôtel* mis sur mer. D'autres l'appellent un *Casino flottant*. Rien ne manque en effet aux nouveaux transatlantiques : escalier monumental à cariatides de bronze ; panneaux d'onix et d'émail dans les salons ; le principal de ceux-ci a une haute coupole vitrée et une multiplicité de hublots (fenêtres lenticulaires) ayant le diamètre inusité de 30 centimètres ; salle à manger pour 130 couverts avec *fauteuils revolver* en bois doré, permettant à chacun d'entrer et de sortir isolément, ce qui ne se peut avec les bancs classiques ; salles de bains et de coiffure ; pharmacie et infirmerie ; chambres de luxe à large lit unique ; bibliothèque, boudoir de dames, quartier des enfants, fumoir, buffet, offices avec monte-plats ; cuisine avec tous appareils de cuisson à vapeur et appareil distillatoire ; fabrique de glace à rafraîchir et à conserver les vivres ; lingerie, buanderie, séchoir, boulangerie ; cages à bêtes vivantes venues des fermes spéciales de la Compagnie.

Enfin, signalons les soutes curieusement disposées, garnies et protégées pour les dépêches, le trésor, les poudres et artifices à signaux.

Conformément à la méthode généralisée aujourd'hui, la Compagnie transatlantique a adopté l'éclairage électrique distribué dans tout le navire au moyen de 600 lampes dites à incandescence, que chaque passager dans sa cabine règle, éteint et conserve à sa volonté. Le chauffage est fourni par tuyaux à vapeur.

Pour la ventilation à tous les étages et dans toutes les chambres, on avait à choisir entre les ventilateurs comme ceux des mines et les tuyaux à pavillon dits manches à vent qui dépassent le haut-pont. C'est ce dernier système qui a été adopté. Les nouveaux paquebots ont 57 manches à vent, dont 21 pour les chambres.

En cas d'incendie et de voie d'eau, de même que pour tous besoins de service, il y a une multitude de pompes : 12 dans la machine, 8 sur le pont, toujours prêtes à fonctionner au premier ordre.

Un système nouveau de suspension et de descente des canots de sauvetage rend leur disponibilité très rapide et beaucoup plus sûre. On fait fréquemment en voyage l'exercice de tous ces appareils de sau-

vetage, même celui des ceintures (1) à l'usage des passagers, afin de ne pas être pris au dépourvu.

Enfin, comme sur la *Normandie*, dans le fond du navire est un *Water-ballats* de 750 tonnes, série de caisses étanches qu'on emplit d'eau à volonté pour faire lest et maintenir les meilleures conditions d'immersion pour le tirant d'eau et la stabilité du navire, quels que soient le *chargement* et son *arrimage*. Cette disposition, qui caractérise les *Cargo-boats* ou *navires à marchandises*, semble aujourd'hui devoir s'appliquer à tout navire à voyageurs, afin qu'il soit moins sujet au fatigant roulis en cas d'insuffisance de fret ou défaut d'*arrimage*.

Les nouveaux paquebots diffèrent au contraire de la *Normandie* et même entre eux par plusieurs particularités. D'abord, ils ont une finesse de façons extrêmes surtout vers l'arrière, qui égale au moins celle du célèbre *Persia* des Anglais et du *Péreire* de notre marine française.

L'avant et l'arrière du haut-pont sont, comme presque partout aujourd'hui, couverts d'une toiture arrondie dite *Turtle deck* ou pont en carapace de tortue (2), mais beaucoup plus développée et plus élégamment agencée, celle d'avant avec un brise-lames puissant dont les bons effets paraissent acquis par l'exemple de la *Normandie*.

Dans celle-ci, le fer a été généralement employé. Dans les nouveaux paquebots, on a adopté l'acier doux à 45 kilog. d'effort de traction. Le navire, plus léger, à égalité de solidité possède un tirant d'eau moindre, ce que recherchent aujourd'hui toutes les marines.

Si les superstructures du haut-pont n'ont pu être épargnées, elles sont du moins bien ménagées.

Les phares des feux de nuit dans leurs tourelles, les guérites des *veilleurs au bossoir* sont, ainsi que la timonerie réunis, à la passerelle de commandement, au-dessus de la chambre même du capitaine, pour ainsi dire sous sa main et à proximité du carré des officiers; le tout sous des formes harmonieuses dans l'ensemble des lignes du navire.

Dans les deux paquebots de Saint-Nazaire, les murailles sont droites. Dans les deux du chantier de la Seyne, elles sont un peu rentrées par le haut.

(1) On ne saurait trop recommander cet exercice en présence des passagers, particulièrement celui des ceintures qui, mal adaptées, ne sont qu'un danger.

(2) Nous demandons au lecteur pardon de l'emploi de tous ces mots empruntés aux Anglais, mais ils sont adoptés partout.

Les chaudières des premiers sont en tôle d'acier, et au diamètre de 5 mètres. Dans les seconds, ces chaudières sont un peu plus petites et en tôle de fer.

Dans les quatre navires, les arbres de couche sont en acier, au diamètre de 576 m/m ; pareils arbres en fer auraient 700 m/m. Les arbres creux de Withwort sont peu employés en France. Dans les deux paquebots de la Seyne, les arbres d'acier viennent des forges de Saint-Chamond ; ceux des deux autres sont fournis par le Creuzot.

Les machines offrent une particularité qui donnera lieu plus tard à d'intéressantes comparaisons, et aucune Compagnie ne pourrait mieux faire celles des divers systèmes de machines, car elle a dans sa flotte presque tous ceux qui sont usuels dans la marine commerciale, savoir :

1° Quadruple machine horizontale du *Lafayette* pour deux hélices ;

2° Double machine pour deux hélices, forme pilon, à cylindres égaux, du *Washington*, de la *Ville-de-Brest* et ses pareils ;

3° Compound proprement dite à deux cylindres inégaux, côte à côte, forme pilon, du *Saint-Germain*, du *Saint-Simon*, de la *Ville-de-Tunis*, du *Fournel* et de leurs pareils, très nombreux avec des variantes de détail ;

4° Woolf à deux paires de cylindres, type *Labrador*, *Ville-de-Paris* et *Saint-Laurent* ;

5° Enfin : Woolf à 3 paires de cylindres de la *Normandie*.

Un sixième système manque à la Compagnie transatlantique, c'est la Compound à trois cylindres, celui de la haute pression mis entre les deux autres à basse pression, type de la machine de Seraing précitée, qui constitue le système ordinaire des Messageries maritimes.

Les machines des quatre nouveaux transatlantiques sont, en plus puissantes et sur treize mètres de hauteur, les mêmes que celles de la *Normandie*, c'est-à-dire Woolf à trois paires de cylindres sur la même ligne, les cylindres à haute pression mis en *tandem* au-dessus des grands cylindres à basse pression, chaque paire et même chaque cylindre pouvant être isolé au besoin.

Mais, entre les quatre paquebots, il existe une différence carac-

téristique, qui, lorsque les résultats seront acquis, donnera lieu à de très intéressantes discussions.

Dans les deux paquebots de Saint-Nazaire, la machine *Woolf* est disposée, par le jeu de la tuyauterie et de la distribution pour fonctionner à volonté, soit *à double*, soit *à triple expansion*.

Dans ce second cas, la vapeur, à la pression manométrique de six kil., n'est introduite que dans l'un des trois petits cylindres du haut; puis elle passe dans les deux autres, chacun de même capacité, et offrant par conséquent un volume double à la détente de la vapeur, — puis enfin elle est déversée aux trois grands cylindres ensemble et de là aux condenseurs tubulaires. En cette triple utilisation d'un même volume de vapeur pris à la chaudière, la force totale développée serait de 6,500 chevaux.

Pour la *double expansion* seulement, la vapeur des chaudières est admise simultanément dans les trois petits cylindres du haut, d'où elle est déversée par chacun, en dessous, dans son grand cylindre respectif. En ce cas, la puissance pourra être poussée jusqu'aux 8,100 chevaux voulus pour les grands efforts à certains jours. Ordinairement, en modérant l'introduction, en augmentant la détente, on pourra ne marcher qu'à la puissance suffisante de 6,500 chevaux.

Les deux autres paquebots, qui sont ceux de la Seyne, auront seulement la faculté de la double expansion avec variation très étendue de l'introduction de vapeur et de la détente.

Sauf ces différences qui viennent d'être relatées et quelques autres minimes, voici les dimensions principales des quatre nouveaux paquebots transatlantiques, dont l'exposition d'Anvers nous montre le modèle :

Longueur	155m
Largeur.	15m70
Hauteur sous plafond du salon et cabines. . . .	2m60
Creux.	11m70
Tirant d'eau d'essai	7m30
Déplacement correspondant	6,800 t[x]
Vitesse demandée aux essais	18 n.
Puissance indiquée correspondante	8,100 ch.
Diamètre d'hélice	7m

Nombre de révolutions		60
Diamètres de cylindres	3 H. P.	1m07
	3 B. P.	2m03
Course commune		1m70
Pression manométrique		6 k.
Diamètre des foyers		1m25
Nombre de foyers		36
Capacité des soutes		1,850 mc
Surface de chauffe		2,315 mq
Surface de grille		90mq

On espère que pour une vitesse de seize nœuds en service, la consommation ne dépassera pas 150 tonneaux par vingt-quatre heures, quand les machines auront bien leur libre jeu et que le personnel aura acquis son expérience.

La *Société des Ateliers et des Chantiers de la Loire*, qui a exposé ses modèles et dessins à Anvers, est, après la *Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée et de l'Océan*, celle qui possède en France les plus grands établissements de constructions navales. Outre ses ateliers du Havre (anciens ateliers Nillus) et ceux de Nantes, elle a créé à Saint-Nazaire, à côté des installations de la Compagnie transatlantique, un immense chantier, avec un outillage généralement à pression hydraulique.

Suivent les spécimens de la Société des Chantiers de la Loire exposés à Anvers : ce sont trois beaux modèles de navires caractéristiques, accompagnés de dessins très complets, savoir : le *Milan*, le *Saint-Joseph* et le *Rio-Negro*.

1° Le *Milan*, navire de guerre dit éclaireur d'escadre à grande vitesse, pour aller à la découverte de l'ennemi, est en même temps lui-même une très puissante arme de combat. La coque est en acier, à tirant d'eau relativement très faible ; il y a deux hélices et quatre machines Compound horizontales, deux de chaque bord pouvant être découplées et isolées. Elles sont assez analogues à celles de Claparède qui précèdent. Les chaudières sont à vaporisation rapide, du système Belleville, ce qui constitue évidemment, avec l'emploi de la haute pression à dix kil., sa principale particularité. Le bâtiment est gréé en trois mâts-goélette, avec deux cheminées et il est armé de cinq canons.

Suivent les dimensions relatées en la notice de l'exposition :

Longueur	92m40
Largeur	10m
Creux sur quille	6.435
Tirant d'eau	4.60
Diamètre d'hélice	3.60
Pas d'hélice	3.90
Vitesse aux essais	18 n. 40
Puissance motrice	4.100 ch.

On nous dit qu'un croiseur, du même principe, mais d'une dimension jusqu'ici sans précédent en France, serait commandé au même constructeur. Il aura 118 mètres de long et 12.200 chevaux de puissance indiquée pour une vitesse voulue de dix-neuf nœuds aux essais.

2° *Saint-Joseph*, yacht de plaisance du marquis de X., appartement flottant fort bien installé. Les yachts de ce genre constituent, même en France, une classe assez importante de navires, généralement remarquables par le fini de leurs formes élégantes et leur grande vitesse. Le *Saint-Joseph* est gréé en goélette-latine, avec machine-pilon Compound ordinaire à deux cylindres inégaux, et deux chaudières cylindriques à deux foyers chaque. Suivent les dimensions :

Longueur	52m
Largeur	7m20
Creux sur quille	4m70
Tirant d'eau (arrière)	3m80
Puissance indiquée	700 ch.
Vitesse de service	13 à 14 n.

3° Le *Rio-Negro* a un double intérêt : d'abord comme œuvre réussie des chantiers de la Loire ; et ensuite parce qu'il représentait à Anvers l'importante Compagnie des *Chargeurs réunis*, lignes du Brésil et la Plata, ayant leur port d'attache au Havre où un bassin entier leur est affecté.

Sa flotte, on peut dire entièrement construite en France, se compose en ce moment de 26 paquebots jaugeant ensemble 54,000 tonneaux, avec une puissance collective de 25,000 chevaux.

Le *Rio-Negro*, construit par les chantiers de la Loire, est précisément celui dont, au voyage de la Société des ingénieurs au Havre, les honneurs nous ont été faits par le directeur, M. Poudavigne, qui nous fit une intéressante conférence sur son projet de perfectionnement du port.

Depuis notre visite, le *Rio-Negro* a transporté en 30 jours 1,300 hommes de troupes au Tonkin, et l'*Uruguay*, son frère de chantier, vient à son tour d'être réquisitionné par le gouvernement pour un service analogue.

Le *Rio-Negro* est un paquebot mixte à trois étages et pont supérieur, dit spardeck, avec grand *rooff*-salon sur l'arrière, une teugue à l'avant, belles installations pour quarante passagers de cabine et cinq cents émigrants ; gréement de brick, dont les deux mâts, dits *à Pible*, sont d'une seule pièce en tôle — système presque partout remplaçant aujourd'hui les anciens mâts à plusieurs pièces de bois rapportées ; machine Compound verticale à deux cylindres inégaux ; quatre corps de chaudières marines ordinaires, mises en long sous une même cheminée. Suivent les principales dimensions :

Longueur	106m
Largeur	12m20
Creux sur quille	9m45
Tirant d'eau	6m30
Tonnage en douane	2.200 tx.
Puissance indiquée	1.800 ch.
Vitesse de service	13 nœuds

3. ANGLETERRE

Les Belges, qui ont si courtoisement proclamé qu'ils devaient à la France une bonne partie du succès de leur exposition d'Anvers, ne doivent pas être trop satisfaits des Anglais, notamment pour les industries maritimes. Cette nation, qui compte à elle seule autant de navires et plus de constructeurs que le reste du monde réuni, n'avait relativement qu'une très minime exposition maritime à Anvers : aucune machine marine, alors que les transports étaient cependant exceptionnellement facilités par

la possibilité d'embarquer à l'atelier même, presque toujours situé, en Angleterre, sur un rivage, et de débarquer à l'exposition même d'Anvers.

Aucune indication sur le chauffage au pétrole qui paraît à la veille de se généraliser dans la marine, et dont on se promet de grands résultats économiques par la simplification du service, la réduction du personnel et la diminution du poids et du volume des approvisionnements.

Non plus aucune indication sur la marine de guerre que l'amirauté britannique est en train de transformer, paraît-il, sur des données nouvelles, et qui vient de commander d'un seul coup, à l'industrie privée, 32 navires de guerre, plus 22 torpilleurs, lesquels, entre autres particularités, seront tous éclairés à la lumière électrique et pourvus de très énergiques appareils de ventilation.

Suivent quelques renseignements qui nous sont parvenus sur l'un de ces nouveaux grands bâtiments : la coque a 103^{m}63 de long sur 21^{m}34 de large et 8,31 de tirant d'eau pour un déplacement de 10,500 tonneaux ; trois ponts complets et deux ponts partiels forment six étages. Le pont supérieur est entièrement libre. La machine est à triple expansion, système pilon vertical, pour 8,300 chevaux de puissance, correspondant à une vitesse de seize nœuds et demi. Les huit chaudières sont réparties en quatre chambres distinctes sous deux cheminées placées de front ; la pression manométrique serait, affirme-t-on, de 54 livres (quatre atmosphères), ce qui serait bien opposé au principe des très hautes pressions, qui se généralise au contraire en France.

L'armement du cuirassé anglais est formidable : outre douze puissants canons en batterie et deux lance-torpilles, il y a dans les hauts, sous coupole, à cuirasse de 457 millimètres, trois canons monstres, comme ceux que nous allons voir dans la marine italienne : ils pèsent 110 tonnes et ont treize mètres de long ; le projectile a 900 kilogrammes de poids, 412 millimètres de diamètre, 624 mètres de vitesse initiale, et il paraît qu'aux essais il a crevé, à un kilomètre de distance, un blindage de 750 millimètres.

Toutes ces puissances de dimensions seront, paraît-il, dépassées dans le *Polyphemus*.

L'exposition d'Anvers ne contenait rien de ces intéressantes données sur la marine militaire des Anglais. Elle n'était guère mieux

favorisée pour leur marine commerciale et postale, alors que le praticien espérait voir au moins les modèles ou dessins de l'*Orégon*, qui a pris à l'*Alaska* son nom de lévrier de l'Océan ; de l'*Umbria*, le nouveau grand coureur de la compagnie Cunard, avec 13,000 chevaux de puissance motrice; de l'*America*, dont notre collègue Mallet a fait ressortir les conditions économiques; du plus grand steamer existant, la *City of Rome*, aux trois cheminées et aux formes élancées, comme celles d'un yacht; non plus que les autres paquebots qui font en ce moment l'orgueil de la marine anglaise, avec juste raison.

C'est à l'*Exposition du travail* à Paris, et non Anvers, qu'il a fallu venir pour voir deux modèles de la *Palmer's steel Ship Building C^y* à Jarrow-on-Tyne : celui des nouveaux transatlantiques italiens, dont il sera parlé au compte rendu de l'exposition d'Italie, et un autre modèle de Palmer, qui mérite la plus vive attention; c'est le grandiose projet de paquebot à vitesse de 19 nœuds 1/2 et dont voici les principales dimensions d'après l'inscription attenante au modèle :

Longueur		137^m »
Largeur		19 46
Creux		11 58
Puissance motrice		13,000 chev.
Diamètre de cylindre	HP.	1^m 25
	BP.	2 30
Course commune		1 82

On remarquera que le bâtiment proposé diffère des derniers grands paquebots postaux, en ce qu'il est plus ramassé. Sa longueur étant ramenée à 137 mètres, alors qu'on va au delà de 160 mètres; la largeur étant au contraire portée à près de 20 mètres, ce qui n'est pas inusité en marine militaire, mais sans autre précédent en marine commerciale que celui du fameux *Great-Eastern*, qui est resté à peu près un navire mort-né.

La particularité caractéristique du projet Palmer est qu'il est surmonté d'un haut-pont complet, monté sur colonnettes affleurant la muraille du navire et laissant en dessous un vaste promenoir, autour d'un grand rouf. Ce haut-pont est presque entièrement libre et dégagé de ces superstructures élevées parfois

en double et triple étages sur plusieurs des paquebots modernes, lesquels étonnent et inquiètent les vieux marins habitués à la correction des lignes des anciens navires.

L'historique de cette accumulation d'étages et de superstructures n'est pas sans intérêt, et elle résulte des exigences sans cesse croissantes des passagers, qui ne veulent plus des étroits emménagements du passé.

On a vu, par la description ci-dessus de nos nouveaux transatlantiques, tout ce qui compose le paquebot postal actuel. On ne pouvait descendre le navire dans l'eau, c'est-à-dire augmenter son tirant d'eau, qu'on s'attâche au contraire à réduire, grâce aux constructions en acier. La longueur de 160 mètres et la largeur de 16 mètres sont bien près d'être des limites pratiques; il n'y avait donc plus qu'à gagner par les hauts, ce qui n'est pas sans danger de verser dans les grands roulis; bien que cette élévation du centre de gravité ait rendu plus doux et moins fatigants les mouvements de retour du navire à son assise normale sur les vagues.

Ceci posé, les anciens navires modèles, comme le célèbre *Persia* des Anglais et le *Pereire* de notre marine française, eurent sur l'*uper-deck* classique un long rouf contenant les salons, offices, chambres d'officiers et coupole des machines, etc.

Puis, ces navires à rouf étant devenus aussi redoutés qu'ils avaient été en faveur, on les a couverts d'un toit protecteur dit *spardeck*, d'abord assez léger; il est devenu ensuite un pont complet, un étage de plus, ne portant qu'un petit nombre de roufs indispensables et séparés, n'offrant que des surfaces insignifiantes aux coups de mer et laissant le haut-pont aussi libre et dégagé que possible.

Tels furent le *Shannon* des Anglais et l'*Adriatic* (1) de la Compagnie américaine, qui venait au Havre avant l'existence de notre Compagnie transatlantique. La Société des Ingénieurs, en son voyage à Anvers, a vu ce célèbre et vraiment magnifique navire, non plus sous sa forme primitive de steamer, mais à l'état du plus beau voilier qui existe peut-être.

Le *Labrador* et ses pareils de notre marine française sont de

(1) Le steamer *Adriatic* a été décrit dans une notice à la Société des Ingénieurs en 1855.

même du type dit paquebots à spardeck proprement dits, que les marins considèrent souvent comme l'idéal du paquebot stable, sûr, pratique à tous les points de vue et ayant, aussi peu qu'il se peut faire, à redouter les coups de mer.

Mais on a eu de nouvelles exigences, en même temps qu'on retrouvait la nécessité de protéger tout ce qu'il fallut installer sur le nouvel étage n'ayant plus de spardeck que l'ancien nom; alors sont venus, de nouveau, les grands roufs pour le fumoir, le salon dit de conversation, la belle coupole au-dessus de la salle à manger, le carré des officiers, etc.; en même temps qu'on couvrait l'avant et l'arrière du navire par les *teugues* dites *turtle-deck*. On a relié le tout par un nouveau pont incomplet, qu'on appelle le *pont-promenade* ou terrasse, et finalement celui-ci a reçu encore des superstructures.

Dans le projet Palmer, il est devenu un nouvel étage, un nouveau pont complet presque entièrement libre et dégagé, comme dans le *Labrador* précité, avec la rectitude classique des lignes. Presque tout ce qui est superstructure ordinaire a trouvé place en dessous à l'abri des coups de mer.

Les renseignements que nous avons recueillis sur les établissements *Palmer*, ont achevé de nous révéler l'incomparable puissance des constructions navales en Angleterre. Nous avions peine à croire que le colossal établissement d'Elder, sur la Clyde, eût des analogues (1).

Puis, nous avons connu les chantiers de Barrow qui nous ont fourni en France *la Normandie*. Mais voici les indications que nous recueillons sur les établissements de Palmer, comprenant, comme à Seraing : mines, fourneaux, forges, laminoirs, ateliers et chantiers; ils couvrent 30 hectares de terrain ayant 1,120 mètres de

(1) La maison Elder, qui a fourni la plupart des paquebots anglais les plus célèbres, n'en compte que peu, au contraire, en France, dans cet effectif naval que l'erreur législative avait forcée de demander à l'étranger.

Cet immense établissement, où nous avons vu les quatorze cales de construction occupées par des navires en montage, est loin de représenter à lui seul la puissance de production de la contrée.

Les vingt-un constructeurs réunis de la Clyde, depuis Glascow jusqu'à Dumbarton et Greenock, totalisent environ soixante cales de construction, avec un outillage d'une puissance extraordinaire pour la réparation, comme pour la construction; témoin l'une des cales sèches de Greenock, parallèle au fleuve et munie de deux portes extrêmes, où nous avons vu ensemble trois navires en radoubage. Mais aujourd'hui que la Grande-Bretagne n'est plus le fournisseur du monde et que la plupart des peuples construisent leur marine, les industries navales y subissent une crise dont on ne prévoit pas l'étendue, malgré d'immenses besoins personnels.

façade sur le rivage de la Tyne. En ces derniers temps, les chantiers ont produit par an de 28 à 35 navires en fer ou en acier et les forges 130 tonnes de fonte ou fer. De 1878 à 1884, la construction totale des navires représente 293,435 tonnes et 149,648 chevaux de puissance, dont 9 cuirassés, 10 puissants torpilleurs et 14 paquebots de premier ordre.

L'amirauté anglaise a 31 bâtiments de guerre de ce seul constructeur.

Si les Parisiens ont à remercier M. Palmer de leur avoir montré ses modèles, les visiteurs de la section anglaise à l'Exposition d'Anvers ont été réduits, en objets maritimes, aux quelques modèles du façonnage extérieur de la coque envoyés par quatre constructeurs, et aux aquarelles représentant les principaux paquebots de la Compagnie Péninsulaire Orientale, l'une des plus puissantes d'Angleterre.

Créée en 1837 avec deux petits paquebots à roues, elle eut en 1842 son premier navire en fer, en 1880 son premier navire en acier; le nombre actuel de ses navires en acier est actuellement de 13, totalisant 57,000 tonneaux. Cette Compagnie marque aussi dans l'histoire de la marine, non seulement parce qu'elle avait l'*Atrato* et le *Shannon* qui furent des types, mais parce qu'elle est entrée à peu près la première, tout au moins résolument, dans l'application de l'hélice et dans le système du rallongement des navires, qui fut alors si contesté. Avec le même entraînement pour le progrès, elle adopta dès le principe les condenseurs à surface, les machines à rapide rotation directe et la haute pression.

Sa flotte est composée actuellement de 57 paquebots généralement de première classe; alignés à la suite, dit la notice, ils formeraient une file de près de 7 kilomètres et demi.

En tête de ces paquebots sont le *Rome* et le *Carthage*, ayant quatre mâts, 130 mètres de long, un port de 5,000 tonneaux et une puissance de 5,000 chevaux. Ils se caractérisent par un vaste rouf, recouvert d'un *pont-promenade* qui déborde de part et d'autre, portant sur colonnettes, comme dans le projet Palmer qui précède, mais seulement au milieu du navire, en formant galerie couverte. Le reste du pont, à l'avant et à l'arrière, est libre et dégagé; les flancs du navire sont percés de grandes fenêtres carrés ou sabords,

suivant l'usage pour les pays chauds; comme le *Saint-Simon*, et l'*Olinde* de notre Compagnie transatlantique pour la ligne des Antilles ; comme vient aussi d'être refait à neuf le paquebot *la France*, actuellement occupé à transporter les troupes au Tonkin, et sur lequel plusieurs de nos camarades de la Société des Ingénieurs sont sortis du port, dans notre voyage au Havre, pour l'inauguration de *la Normandie*.

Les quatre constructeurs anglais qui ont exposé à Anvers sont d'abord :

Swan, de Newcastle, et Harland, de Belfast; ce dernier est l'auteur de ces grands paquebots de la *White star C°* qui ont été le point de départ de la fièvre des grandes vitesses où se débat en ce moment la marine. A côté de son *Britannic*, long de 140 mètres et à 4 mâts, il est curieux de mettre en comparaison son *Schannon* (second du nom), long de 126 mètres, à machine de 4,500 chevaux et gréé seulement de 2 mâts, de part et d'autre des 2 cheminées.

Les deux autres constructeurs anglais exposant à Anvers sont Thomson et Caird, très connus en France. Le premier, qui fut longtemps le constructeur attitré de la Compagnie Cunard, a donné le *Saint-Germain* à notre Compagnie transatlantique. De ses trois modèles d'Anvers, deux sont assez caractérisques, l'un comme type de paquebot rapide de dimensions réduites ; les voici :

Longueur		109m80
Largeur		13 80
Creux		7 60
Tonnage		3680t
Vitesse		15nd
Puissance motrice ind.		4,000 chev.
Cylindre	1 H P.	1m125
	1 B P.	2 250
Course commune		1 050

L'autre modèle de Thomson paraît être celui d'un de ces paquebots que divers constructeurs anglais ont construit pour le Mexique, lequel est en train de se créer une marine, protégée à outrance de toutes manières par son gouvernement, pour concur-

rencer les marines d'Europe. Il a, sur notre ligne du Havre à Vera-Cruz, 4 beaux steamers de Napier.

Celui de Thompson a les dimensions suivantes :

Longueur	113m40
Largeur	13 10
Creux	7 70
Tonnage	4,660t
Puissance motrice	3,700 chev.
Cylindres 1 HP	1m25
Cylindres 1 BP	2 35
Course commune	1 42

Caird, de Greenock, est celui des constructeurs anglais qui a eu le plus de clientèle française. Parmi ses modèles exposés à Anvers, nous remarquons d'abord ceux du *Rome* et du *Carthage* de la Compagnie Péninsulaire, qui précèdent, celui du *Massilia* pour la même Compagnie, construit avec un peu moins de longueur, mais un peu plus de largeur et de creux, et la même force de 5,000 chevaux ; comme disposition générale, le *Massilia* rappelle complètement notre *Labrador* de la Compagnie transatlantique, qui, avec son pont dégagé, reste un *type*.

L'une des récentes œuvres de Caird est le *Coromandel*, type actuel du paquebot rapide ne sortant pas des dimensions moyennes. La coque est en acier Martin-Siemens, à 3 ponts principaux, avec teugues aux deux extrémités, 8 cloisons étanches dont les portes se ferment du haut du pont supérieur, gréement en 3 mâts, installation pour 111 passagers de cabines. Ventilation très complète. Suivent les principales dimensions :

Longueur	120m »
Largeur	13 50
Creux	8 90
Tirant d'eau en charge	7 50
Déplacement	8,000t
Salon des premières (sur l'avant) long.	45m »
Salon des premières (sur l'avant) larg.	6 30
Salon des secondes, long.	13 »

Machine Compound, 3 cylindres		
Diamètres	1 H P.	0m90
	2 B P.	1 30
Course commune		1 65
Pression manométrique.		8k
Nombre de foyers.		21
Surface de chauffe.		»
Surface de grille		29mq50
Surface condensante.		1,750 »
Vitesse promise.		14nds1/2
Vitesse réalisée.		15 1/4

En outre de ce qui précède, la section anglaise, à Anvers, avait un grand étambot de navire à cage d'hélice d'une seule pièce, probablement en acier et exposé sans doute comme spécimen d'un beau travail de forge; puis un singulier essieu coudé, pour locomotive aussi bien que pour la marine. Partant de ce principe que ce qui casse le plus, c'est la soie ou la partie voisine des manivelles, quelque soin qu'on prenne d'éviter les angles vifs, les manivelles sont en 2 morceaux assemblés à queue d'aronde et reliés par deux énormes boulons.

4° LA HOLLANDE ET L'ITALIE

La Hollande est depuis longtemps une puissance maritime. Mais les 45 modèles exposés à Anvers ne donnent que la forme extérieure de la coque nue et ne suffisent pas pour l'étude.

L'Italie devient une grande puissance maritime. Outre ses arsenaux et ports militaires, elle a pour le commerce son port de Gênes, perfectionné et outillé en 3 ans pour être dans la Méditerranée ce qu'Anvers est dans le Nord. Maintenant on va s'occuper du port de Naples et d'un bon port sur l'Adriatique.

L'Italie avait deux Compagnies de paquebots de commerce qui ont récemment fusionné en une seule grande et puissante entreprise, laquelle fait une vive concurrence à nos services français. Elle n'a exposé à Anvers aucun de ces modèles complets comme ceux de la section française, mais avec ses 13 modèles donnant la forme extérieure de la coque, nous trouvons des dossiers de plans d'exécution très intéressants.

Bien que l'Italie tienne à honneur de construire son matériel naval, sa grande Compagnie a cependant commandé en Angleterre plusieurs de ses transatlantiques, et c'est, nous l'avons dit, non à Anvers, mais à l'Exposition du travail, à Paris, que nous trouvions le modèle complet de ceux qui ont été construits par Palmer de Jarrow-on-Tyne. Ils appartiennent à la classe des paquebots mixtes et à toutes fins, à vitesse moyenne et service économique, qu'on pourait comparer à nos trains omnibus de chemin de fer. C'est à peu près notre type français, avec un gréement de *brick* à 2 mâts carrés. Ils sont aménagés avec 8 canots de service ou sauvetage, pour 91 passagers de première classe et 50 de seconde classe. Voici ses dimensions :

Longueur		122m »
Largeur		13 »
Creux		10 »
Tirant d'eau		7 »
Déplacement correspondant		8,800t
Tonnage en douane		4,500t
Cylindres	HP.	1m20
	BP.	2 40
Course commune		1 50
Puissance indiquée		3,600 chev.

L'Italie, disions-nous, fait aujourd'hui elle-même, le plus qu'elle peut sa flotte. Nous lui connaissons trois principaux établissements de constructions navales et elle ne recule devant aucune puissance d'engin.

Témoin le Pilon-Géant, de 100 tonnes et à quadruple montant de tôle, pour les forges de Terni. Cet instrument, l'un des *clous* de l'exposition d'Anvers, a été construit par les ateliers de Seraing particulièrement pour forger ces canons-monstres qu'affectionne l'Italie, comme les Anglais. On se souvient de celui qui est venu à notre exposition de 1878, sur un wagon à 12 roues et qui mesurait plus de 2 mètres à la frette des tourillons.

Les canons que forgera le marteau de Terni doivent peser 100 à 110 tonnes. Le canon *de Bange*, qui figurait aussi à l'exposition d'Anvers, pèse 37 tonnes et on attend de lui, paraît-il, le même travail que du canon italien.

Dans sa flotte militaire, comme dans son artillerie, l'Italie aime à faire grand ; elle semble en tout se souvenir de ses incomparables moments de l'antiquité et du XVI^e^ siècle.

Son nouveau cuirassé le *Morosini,* qui vient d'être lancé si solennellement à Venise, caractérise cependant une réaction ; c'est un bâtiment à 2 hélices, avec ce cloisonnement en tous sens dont l'Italie paraît avoir eu l'initiative. La coque en acier a 100^m^ seulement de long sur 19^m^80 de large et 7^m^65 de tirant d'eau.

La puissance motrice est de 10,000 chevaux pour une vitesse de 16 nœuds. Les machines sont indépendantes ainsi que les chaudières en des chambres distinctes ; l'armement consiste en 4 canons du poids de 106 tonnes chaque, 2 autres gros canons un peu moindres, 3 lance-torpilles dont une à l'arrière, plus un grand nombre de canons-revolvers. La cuirasse du navire varie de 36 à 45 centimètres.

La construction du Morosini, effectuée en 4 ans, témoigne que l'ancienne cité des doges a des moyens d'exécution considérables.

5° ALLEMAGNE

La section allemande était une des plus intéressantes à Anvers : elle offrait des modèles complets de navires comme ceux de l'exposition française, avec des plans, dessins et notices.

Le tout exposé par la seule *Société Vulcan* de Stettin ; mais il s'en faut de beaucoup qu'il n'y ait que ce seul établissement de construction maritime en cette Allemagne en train de devenir une puissance navale à inquiéter même l'Angleterre.

D'autant plus que l'Allemagne, nous sommes forcés de l'avouer, construit ses navires en des formes un peu massives, mais avec une méthode, une étude des détails et un fini peu communs en Angleterre où on s'est trop habitué à faire vite et économiquement plutôt qu'avec l'ancienne perfection de *W. Penn* et de *Napier* père.

Il faut ajouter que les navires allemands sont tenus avec une remarquable propreté.

Nous ignorons si la marine militaire allemande est suffisamment connue en France : nous allons voir ci-après deux de ses types de cuirassés.

Quant à sa marine, commerciale qui occupait un rang supérieur à

celui de la France il y a peu d'années, nous lui connaissons deux principales Compagnies postales qui ne remplissent que trop bien le fameux programme allemand : *battre les Français commercialement sur tous les marchés, après les avoir battus militairement sur leur territoire.*

Ces paquebots postaux, après avoir fait la cueillette du fret sur toutes les côtes en venant de Brême et de Hambourg, viennent dans nos ports où ils n'ont qu'à compléter leur chargement, en prenant le fret à tous prix, l'enlèvent ainsi à nos navires en vertu de la maxime : faire *leur bien premièrement et puis le mal d'autrui.* Elles sont servies à cet effet par de très habiles agences répandues sur toutes nos places, accaparant surtout certaines industries d'exportation dont trop souvent les fabricants et les commissionnaires, même à Paris, sont étrangers, et se font un honneur national d'enlever le plus qu'ils peuvent à notre marine, ce que notre commerce français n'imite pas assez (1).

Autrefois les paquebots allemands appartenaient par principe à la classe des navires mixtes à moyenne vitesse, réalisant surtout le plus économique service. Ce fut le temps des beaux revenus de cette marine.

L'une de ces Compagnies, la *Hambourgeoise américaine*, paraît persévérer dans ce système. Nous avons son type classique de paquebot dans le *Saint-Simon* et le *Saint-Germain* de notre Compagnie transatlantique et nous allons voir ci-après un spécimen de ses dernières constructions qui ne diffèrent des précédentes que par un peu plus de vitesse, restant cependant toujours dans la moyenne.

L'autre grande Compagnie allemande, le *German Lloyd*, est au contraire entrée dans la voie des grandes vitesses avec tous les perfectionnements modernes. De ces paquebots rapides, actuellement au nombre de 5 et que vont suivre 3 autres en construction, les plus réputés sont *Eider* et *Fulda*. Ils ont 138 mètres de long, 14m75 de large, 11m75 de creux et 7,500 chevaux de puissance motrice. Les formes générales, avec superstructure, le gréement en 4 mâts et 2 cheminées, la dis-

(1) Nous avons plus d'une fois entendu formuler cette maxime : que la *marchandise n'a pas de patrie* et nous avons à ce moment sous les yeux le Bulletin d'un paquebot allemand portant pour le Havre, Bordeaux et Paris 8,000 colis qui eussent bien fait l'affaire du pavillon français. Profitons de la présente note pour dire combien ces mêmes Compagnies étrangères ont à remercier nos administrations, qui ont interdit l'entrée des viandes américaines par nos ports. Elles nous viennent sous le nom de jambon de Westphalie, par les frontières de l'Est et du Nord via Hambourg et Anvers. Mais nos paquebots français y ont perdu une recette annuelle de 500,000 francs.

position intérieure, les machines Compound sont à peu près les mêmes que dans notre paquebot français *la Normandie*, et on peut dire que la marine n'a plus guère partout qu'un système, sauf dans les machines, où subsistent encore des variantes pour le mode de détente.

La plus grande partie de ces flottes allemandes est venue des chantiers anglais; mais on s'adresse aujourd'hui aux établissements allemands qui sont, tout au moins, bien près de suffire entièrement au pays.

Ceux de Stettin (1) nous montraient à Anvers d'abord le modèle de l'un des paquebots de la C^ie^ Hambourgeoise, nommé *Rugia*.

La coque est en acier, aménagée pour 100 passagers de cabine sur l'avant et 1,200 émigrants dont les chambres sont ventilées par six manches à vent. La machine est du type Compound vertical à deux cylindres. Il a trois chaudières timbrées à à 5 ½ atmosphères, à double façade, posée en long. Douze foyers en tout, une seule et même cheminée, et un gros tube sécheur de vapeur commun aux trois chaudières.

Longueur de coque, total	113 »	m.
Largeur —	13 33	
Tirant d'eau en charge	6 90	
Déplacement correspondant.	6.500	t.
Vitesse ordinaire	12	n^ds^
Puisance motrice indiquée	2.400	ch.
Consommation diurne de houille . .	42	t.

Venaient ensuite à Anvers, dans l'exposition des chantiers de Stettin, les modèles de deux grands cuirassés pour la marine allemande qui sont, au point de vue de l'armement, la contre-partie l'un de l'autre.

Dans le premier, une nombreuse artillerie est répartie dans tout le navire, sur le pont supérieur et en dessous en batterie tirant par des sabords sur les flancs du navire, lequel est d'ailleurs à éperon et partout puissamment blindé. Sur le pont supérieur sont 4 canons principaux abrités dans des tourelles couvertes, 2 au milieu, 1 à chaque bout ; en tout 16 canons proprement dits, plus 12 revol-

(1) Les chantiers de Vulcan, dit la notice de l'exposition, fondés en 1831 occupent 3,500 ouvriers et ils ont construit, rien que pour l'Allemagne 22 puissants navires de guerre.

vers. 20 *manches à vent* aèrent l'intérieur à tous les étages. Le navire est à 2 hélices. Voici ses principales dimensions :

Longueur	120 » m.
Largeur	18 60
Creux	12 95
Tirant d'eau	7 75
Puissance motrice indiquée	10.000 ch.
Vitesse	16 n[d].

Dans l'autre modèle allemand, qui est celui du cuirassé, également à 2 hélices, *Erbau*, l'artillerie consiste en 6 canons du plus fort calibre, qui sont réunis et concentrés au milieu du navire dans une sorte de forteresse non couverte, où s'élèvent aussi les quatre cheminées des chaudières. Tout le milieu du navire est très puissamment cuirassé et sa consolidation, pour porter au centre de la coque toute la masse du moteur et de l'artillerie, est très intéressante à étudier. Nous n'avons pas pu réussir à nous procurer les dimensions de l'*Erbau*, qui autant qu'on puisse en juger sur un modèle, nous ont paru à peu près les mêmes que dans le précédent cuirassé ; mais avec moins de creux et un tirant d'eau très réduit. Nous croyons savoir qu'il est très cloisonné en tous sens, avec 36 *manches à vent* pour l'aérage des compartiments.

Nous sommes aussi portés à croire que *l'Erbau* serait une application d'un système du savant amiral Paris qui concentre, de même, pour ainsi dire l'âme et la vie du navire de guerre, au milieu parfaitement protégé par le plus épais blindage, les deux parties, arrière et avant de la coque, relativement construites avec légèreté, ne servant que pour le déplacement d'eau qui équilibre le poids total et ne contenant plus au-dessus de flottaison que des logements et magasins qui peuvent être plus ou moins détruits par l'ennemi sans faire inévitablement sombrer le navire.

Mais ce qui étonne dans le cuirassé allemand et ce qui dépasse certainement le but de l'amiral Paris, c'est l'érection des 4 grosses cheminées au centre du fort renfermant toute l'artillerie et invitant en quelque sorte l'ennemi à porter là ses coups.

D'autre part, il est certain que l'artillerie de l'*Erbau* est réunie là où le navire a le moins d'oscillations et pourra tirer très juste.

L'exposition allemande à Anvers a enfin un modèle et les des-

sins de navire de guerre d'un intérêt tout actuel, par lequel se terminera notre compte rendu :

Ce sont ceux de ces corvettes rapides que l'Allemagne a construites pour la Chine et que nos escadres françaises connaissent bien. Ces bâtiments, cuirassés, très intelligemment éperonnés, cloisonnés et agencés pour torpilleurs, sont surtout remarquables par leur tirant d'eau réduit à 6 mètres.

Une puissance motrice de 6,000 chevaux leur assure une vitesse *courante* de 14 nœuds qui peut être de beaucoup forcée pour se dérober à la poursuite. Ils sont à deux hélices mues par une paire de machines Compound horizontales à 3 cylindres avec bielles en retour, système Claparède. L'armement principal consiste en 4 puissants canons sous tourelles blindées ; l'intérieur de la coque est divisé par 16 cloisons transversales et une en long de bout en bout. Le blindage varie en épaisseur de 25 à 35 centimètres. La coque a 91 mètres de long sur 18 mètres de large.

Tel est l'échantillon de la flotte chinoise que nos escadres viennent de combattre.

Si intéressantes et si redoutables que soient les marines étrangères qui viennent d'être passées en revue, je ne voudrais pas laisser le lecteur sur des impressions décourageantes en ce qui touche notre marine française. On a vu à l'exposition maritime d'Anvers que nous avons aussi des bâtiments de guerre et de commerce, puissants, rapides, à tirant d'eau réduit et possédant les perfectionnements modernes.

D'autre part, il ne fallait pas taire que nous sommes très en retard, et peut-être seuls en retard, pour avoir des ports appropriés à la marine moderne par leur accessibilité, l'outillage et leur système administratif.

Nous sommes très en retard aussi pour l'enseignement maritime ; à ce point que nos premières écoles d'ingénieurs et d'ouvriers n'ont pas de cours spéciaux. Dans nos Académies et Sociétés savantes, la marine ne tient pas la place que lui donnent les autres peuples nos rivaux.

On a dit que dans la plupart des industries, tout est créé aujourd'hui et qu'il n'y a plus de place que pour un très petit nombre d'ingénieurs. La marine leur offre au contraire un vaste horizon.

Des perfectionnements merveilleux ont succédé enfin à la longue routine; mais il reste beaucoup à étudier et à faire.

La mer a encore trop de secrets. Il en est de même de la puissance et de l'utilisation de la force motrice. Les navires sont trop lourds et trop peu gouvernables; plus d'une partie de la construction continue à sentir l'enfance de l'art.

Puisse le long exposé qui précède, à l'occasion de l'exposition d'Anvers, avoir inspiré à nos camarades le goût de la marine et de ses œuvres qui sont assurément les grandes industries de l'avenir.

CHRONIQUE

Sommaire. — Ponts à bascule à Rotterdam. — La Compagnie Péninsulaire et Orientale. — Moteurs à gaz. — Pyromètre calorimètre. — Transports dans Paris par omnibus et tramways.

Ponts à bascule à Rotterdam. — Nous empruntons à la notice publiée par M. Nieszen, dont nous avons extrait l'article sur le dock flottant de Rotterdam contenu dans la chronique d'octobre, les renseignements suivants sur divers ponts à manœuvre hydraulique établis dans la ville de Rotterdam.

Ces ponts à bascule double et à plan horizontal ont remplacé d'anciens ponts datant de vingt-cinq à trente-cinq ans, fort étroits, construits très légèrement et à vantaux contre-boutant au repos; les nouveaux sont en fer comme les précédents, mais considérablement plus forts et construits d'après des calculs exacts.

Les tabliers et les trottoirs sont en bois; dans ces derniers temps, le revêtement de la voie charretière a été fait en pavés de sapin rouge. Sous charge, ces ponts présentent un plan horizontal; ceux qui portent des voies de tramways ont toutefois une coupe longitudinale parabolique à très grand rayon au sommet, c'est-à-dire au point de contact des poutres; la largeur des voies charretières varie de $4^{m}54$ à 5 mètres; celle des trottoirs latéraux de $1^{m}34$ à 2 mètres, et la hauteur libre sous volée, de $9^{m}90$ à $13^{m}64$, à la cote $2^{m}50$ sur R. P. (R. P. désigne, comme nous l'avons dit précédemment, l'étiage de Rotterdam). Chaque poutre peut porter isolément sa charge mobile; mais, pour égaliser la flexion au milieu du pont et répartir plus uniformément la charge, l'extrémité libre de chaque poutre est munie de pattes en fer, soit fixes, soit en verrou, qui font supporter l'effort par les deux poutres à la fois; celles-ci sont disposées de façon à ne pas contre-bouter afin d'éviter la poussée sur l'axe du mouvement de bascule.

Deux de ces ponts présentent cette particularité qu'entre les fondations des deux canaux situés sur chacune des deux rives, et aussi bas que possible, on a placé une forte armature de fer en châssis, afin de maintenir invariable l'écartement des culées. Quand on est tenu à conserver une profondeur déterminée pour le passage des navires, cette précaution entraîne souvent à de grandes dépenses; mais, dans des terrains présentant aussi peu de stabilité que ceux des villes hollandaises, elle est extrêmement utile, comme le démontre ce fait que, malgré leur massive fondation sur pilotis, les ponts dans la construction desquels

on n'a pas pris cette précaution, présentent une variation de deux centimètres au joint des poutres, suivant que la hauteur d'eau varie entre les points extrêmes de l'échelle d'étiage.

Trois de ces ponts sont disposés pour être manœuvrés par la pression hydraulique. Tous peuvent cependant se manœuvrer à la main au moyen d'engrenages logés dans les piédestaux des réverbères de tête et de secteurs dentés fixés sur les maîtresses poutres.

Les bascules sont construites de façon à rester en équilibre dans toutes leurs positions; aussi, malgré son poids, qui varie de 3,500 à 72,000 kilogrammes, chaque poutre est-elle aisément ouverte à 80 degrés par un seul homme, avec un vent ordinaire.

La force hydraulique est fournie par une prise d'eau sur les conduites de la Ville, qui débitent sans interruption et peuvent donner environ trois atmosphères de pression, soit le double de ce qui est nécessaire.

Les appareils hydrauliques consistent en cylindres oscillants, recevant l'eau par un de leurs tourillons et contenant des pistons dont les tiges agissent sur de forts bras d'équerre en fonte fixés par des collets de fonte aux axes des bascules et à la paroi des maîtresses poutres extérieures. Les cylindres ont des boîtes à tiroir et les appareils comprennent les réservoirs d'air, tuyaux de distribution et robinets de divers genres nécessaires.

Au Stokkenbrug, pont reconstruit en 1881, on a mis deux cylindres à chaque poutre, un de chaque côté de la culée; les deux cylindres de chaque paire sont réunis par une conduite de communication pour en rendre l'action solidaire, principe sur lequel repose toute la disposition de l'appareil.

A l'ordinaire et lorsque la pression du vent ne dépasse pas 10 kilogrammes par mètre carré, un seul cylindre suffit pour lever la poutre correspondante en une demi-minute environ; on peut donc manœuvrer à demi-force, ce qui se fait au moyen d'un distributeur qui neutralise la pression de l'eau dans le second cylindre. Si le vent est plus fort, on emploie les deux cylindres, et on peut alors ouvrir le pont sous des pressions de vent allant jusqu'à 50 kilogrammes par mètre carré. Les cylindres ont 0^m69 de diamètre, et les pistons 1^m40 de course.

La mise en action se fait au moyen de leviers que les gardiens manœuvrent sur la voie publique; le mouvement alternatif de ces leviers agit sur un tiroir analogue à celui des machines à vapeur qui distribue l'eau dans le cylindre, soit en avant, soit en arrière du piston.

Par les froids ordinaires, l'allumage de quelques becs de gaz dans les caveaux suffit à prévenir la congélation de l'eau; en temps de forte gelée, on se sert d'un petit poële à gaz.

L'expérience a conduit à quelques modifications dans la construction de deux ponts plus récents, le Jan-Kuitenbrug et le Spanjaardsbrug.

Il n'y a plus qu'un seul cylindre par poutre, et l'appareil de demi-force se trouve par conséquent supprimé.

La réunion des poutres au repos a lieu au moyen d'un système de verroux qui reculent d'eux-mêmes quand se ferment et font saillie lorsque s'ouvrent les barrières du pont.

Tous les ponts mobiles construits dans ces derniers temps ont été éprouvés sous charge uniforme de 500 kilogrammes par mètre carré, et en y faisant passer au pas et au trot de 4 à 6 gros camions portant chacun 4,000 kilogrammes, avec 1m80 à 2 mètres d'écartement d'essieux.

Les trottoirs étaient en même temps chargés aussi lourdement que possible.

Un des ponts les plus remarquables est celui qui a été récemment établi par la Société de Commerce de Rotterdam sur le Binnenhaven, près de Koningshaven.

Ce pont est le plus grand des ponts à bascule qui existent actuellement, et sert pour la circulation ordinaire et pour le passage des trains de marchandises du chemin de fer.

Son établissement présentait des difficultés spéciales ; le terrain était mauvais, et il fallait satisfaire à la double condition de sept mètres de passage sous le pont à marée haute et de 10 mètres d'élévation de la voie au-dessus du plafond du bassin.

Pour atténuer l'effet du vent sur la très grande surface des tabliers à l'ouverture des ponts, on a élevé de chaque côté deux pavillons formant portique au-dessus de la voie de passage.

Voici les dimensions principales :

Longueur des poutres entre culées	24m »
Largeur d°	10.50
Distance des axes des bascules	27 »
Longueur du fléau des contre-poids en arrière des axes . . .	5.30
Hauteur du dessus du tablier sur eau basse	4.36
Hauteur du passage sous le milieu du pont sur eau basse. .	3.87
Hauteur du plan de la voie sous les portiques	4.90
Longueur de la voie entre colonnes.	8 »
Longueur des trottoirs de chaque côté de la voie.	1.25

Les fondations des canaux situés de chaque côté entre le pont et les pavillons, lesquelles forment un tout avec celles de deux chéneaux de communication de 4 mètres de section, pratiqués sous le pavillon, ont 38 mètres de longueur sur 15 environ de largeur.

Le pont est construit aussi légèrement que possible, d'après le système de poutres contre-boutantes, et a un tablier de revêtement en bois qui repose sur un nombre suffisant d'entretoises fixées aux quatre poutres principales qui forment chaque partie du pont. Ces poutres sont arquées en dessous avec la partie supérieure droite et, le pont

fermé, reportent l'effort, par une réaction horizontale, sur la maçonnerie des culées; les points d'application de cet effort sont à 2m48 en contre-bas de la surface du tablier.

Entre chaque paire de maîtresses poutres pénètrent deux fortes solives en fer à parois pleines fixées à l'axe de bascule et reliées transversalement entre elles et aux poutres. Ces pièces forment les côtés du fléau dont la culasse reçoit le contre-poids. Le pont fermé, cette disposition fait porter toute la charge propre sur l'axe des bascules, de telle façon que les maîtresses poutres n'aient plus à supporter que la charge mobile.

(A suivre.)

Compagnie de navigation Péninsulaire et Orientale. — La Compagnie Péninsulaire et Orientale est la plus ancienne Compagnie de navigation existante; elle a été incorporée par charte royale en 1840; mais, dès 1837, sous le nom de Compagnie Péninsulaire, elle commença à faire le service postal entre Falmouth, Lisbonne, les principaux ports d'Espagne et Gibraltar; ce service se faisait auparavant par navires à voiles aussi rapidement que le vent et la mer le permettaient; il fallait souvent trois semaines pour amener les correspondances de Lisbonne à Londres, période qui suffit actuellement pour les communications avec Bombay par la voie de Brindisi.

Les services de la Compagnie Péninsulaire et Orientale s'étendent actuellement à l'Inde, la Chine, le Japon et l'Australie; l'ensemble des parcours effectués par la flotte de la Compagnie s'élèvent annuellement à plus de 2,344,000 milles marins, soit 108 fois le tour de la terre.

Les premiers navires de la Compagnie, de 1837 à 1842, étaient en bois; c'est à la dernière de ces dates que remonte son premier navire en fer. A partir de cette époque, le fer remplaça rapidement le bois, et depuis 1880 il commence à être à son tour remplacé par l'acier; c'est à cette date que fut construit le premier navire en acier de la Compagnie; elle possède actuellement 13 navires en acier de 57,300 tonnes de jauge totale.

En 1837, la longueur était environ 5 fois la largeur; le rapport fut progressivement augmenté jusqu'à 10, puis revint à 8 et 9, la proportion généralement usitée actuellement. A l'origine, les lignes étaient beaucoup plus pleines à l'avant qu'à l'arrière; l'expérience a prouvé que c'était un défaut au point de vue de la vitesse à réaliser pour les services postaux; aussi la Compagnie a-t-elle, entre 1844 et 1852, allongé plusieurs de ses navires et obtenu un accroissement de vitesse. Vers 1857 et 1859, lorsque le besoin d'un accroissement de tonnage se faisait sentir, on allongea deux navires ayant des formes fines aux extrémités et on réalisa une réduction de la consommation par tonne. D'autres navires

furent plus tard rallongés par le milieu pour des raisons de divers ordres.

Les précautions de sécurité ont toujours été l'objet d'une attention particulière; dès 1840, les navires de la Compagnie étaient munis de cloisons étanches; ils sont actuellement construits d'après les prescriptions de l'Amirauté pour pouvoir être employés comme croiseurs ou transports en temps de guerre par le gouvernement.

Les lourdes machines à roues à marche lente furent remplacées, vers 1852, par des machines à hélice àengrenages à marche plus rapide, qui cédèrent elles-mêmes, vers 1855, la place aux machines à action directe à allure accélérée; dans ces derniers temps, la vitesse des pistons a encore été accrue. Le condenseur à surface fut introduit en 1861 avec les premières machines Compound (1); les surchauffeurs apparurent vers 1860 et donnèrent alors de notables économies de combustible.

Jusqu'en 1847, les pressions effectives ne dépassaient pas 1/2 kilogramme; mais après cette époque, elles s'élevèrent successivement jusqu'à 1.5 kilogr.; depuis l'adoption des condenseurs à surface et des machines Compound, la pression s'est élevée de 1.75 à 3 kilogr.; en 1881 on a atteint 6.5 kilog., et, avec les nouvelles machines à triple expansion, on ne craint pas d'aller à 10 kilog.

Le premier navire à hélice de la Compagnie Péninsulaire et Orientale date de 1851; depuis cette époque, elle cessa de faire des navires à roues.

Voici quelques chiffres relativement à l'accroissement opéré depuis dix ans dans le trafic de la Compagnie :

	1874	1884	AUGMENTATION
Tonnage total de la flotte de la Compagnie . .	116.295	172.694	56.399
Puissance totale de chevaux effectifs.	96.637	160.600	63.963
Parcours total en milles marins.	1.635.768	2.344.264	708.496
Consommation totale de combustible.	280.000	403.900	123.900
Consommation par mille marin.	171 kg.	172 kg.	

On voit par les chiffres du tableau que la consommation par mille parcouru n'a pas varié sensiblement pour un tonnage de près de 50 pour 100 supérieur; en outre, la vitesse s'est accrue de 20 pour 100 en

(1) Ces machines étaient des machines Woolf à cylindres superposés de Humphrys et Tennant, montées sur les steamers *Poonah*, *Mooltan*. *Delhi*, etc., dont les résultats furent assez médiocres, surtout par suite de certains défauts de construction. (Voir *Société des Ingénieurs civils*, 1873, pages 783 et 828.)

moyenne. Ces résultats sont dus aux perfectionnements apportés aux appareils moteurs, et, dans une certaine mesure, à l'amélioration des formes.

En 1837, la flotte de la Compagnie Péninsulaire et Orientale se bornait à deux petits vapeurs en bois à roues, jaugeant au plus 300 tonneaux chacun ; elle comprend aujourd'hui 52 grands vapeurs à hélice en fer et en acier, jaugeant collectivement 181,695 tonneaux, soit une moyenne de 3,492 tonneaux chacun.

On peut donner une idée de l'importance de cette flotte en indiquant que ces navires, placés bout à bout sans intervalle, occuperaient une longueur totale de quatre milles.

Dans les douze dernières années, la Compagnie a vendu un nombre de navires représentant près de 50,000 tonneaux, et les a remplacés par des neufs, dont la jauge totale atteint 140,000 tonneaux, de sorte que la flotte actuelle est en très grande partie neuve.

Les navires du modèle le plus récent représentent, avec leur armement et chargement complet, un déplacement de plus de 9,000 tonneaux.

Ainsi, le *Tasmania*, livré en 1884 par Caird et C^ie^, a 122 mètres de longueur, 13^m^72 de largeur, 9^m^60 de creux, et jauge 4,500 tonneaux de *gross tonnage* ; la puissance effective de ses machines est de 4,000 chevaux.

On a eu 15 nœuds et demi de vitesse aux essais. Ce ne sont pas là évidemment les dimensions qu'atteignent aujourd'hui les paquebots destinés à la navigation transatlantique ; mais la nature du service est totalement différente.

Il y a trente ans, les plus gros navires de la Compagnie Péninsulaire et Orientale, tels que le *Pera*, avaient 92 mètres de longueur, 12^m^80 de largeur et 8^m^20 de creux, avec 2,200 tonneaux de *gross tonnage* et des machines à engrenages de Rennie donnant 30 à 32 tours par minute, et développant environ 1,100 chevaux indiqués ; ces navires ne donnaient guère plus de 10 nœuds de vitesse moyenne et consommaient 50 tonnes par 24 heures, alors que le navire dont il a été question plus haut, le *Tasmania*, ne dépense pas plus de 70 à 75 tonnes pour un tonnage double et une vitesse une fois et demi supérieure.

Moteurs à gaz. — L'institut de Franklin avait nommé une commission pour étudier spécialement les moteurs à gaz à l'Exposition internationale d'électricité organisée par lui à Philadelphie en 1884, et pour faire toutes les expériences qui paraîtraient utiles, dans le but d'élucider les diverses questions relatives à ces moteurs.

Cette commission avait élaboré un programme d'expériences très complet, comme on pourra en juger d'après ce qui suit :

Les expériences se diviseront en deux parties :

1° Des essais *pratiques* dans le but de rechercher l'effet utile des moteurs dans les conditions qui seront jugées les plus favorables par les

constructeurs, pour arriver à reconnaître la valeur industrielle des appareils au point de vue de la dépense et du bon fonctionnement.

Ces essais comprendront :

Un essai de dix heures sous charge maxima ;

Un essai de dix heures sous charge moyenne, la machine étant arrêtée à la fin de chaque heure et le temps nécessaire pour la remettre en marche noté.

Les observations à recueillir sont :

Les diagrammes d'indicateur;

Les résultats de l'essai au frein de Prony;

La vitesse et la régularité de la rotation;

Le nombre total de tours;

Le nombre total d'inflammations;

Les températures de l'air et du gaz à l'entrée;

Les températures du gaz à l'échappement;

Les températures de l'eau à l'entrée et à la sortie

Les pressions de l'air et du gaz à l'entrée;

La composition du gaz à l'entrée ;

La composition du gaz à la sortie.

2° Des essais *scientifiques* dans le but de constater certains faits au sujet de l'action du gaz dans le cylindre, faits intéressants à connaître pour améliorer l'état très imparfait encore de nos connaissances sur la théorie des machines à gaz.

On devra donc choisir un moteur et exécuter sur lui l'étude des questions suivantes :

Température des gaz après l'explosion; on se servira, à cet effet, de la résistance électrique d'un fil fin de platine placé dans le cylindre.

Effet des divers degrés de compression.

Effet des diverses proportions de mélange.

Effet de la compression préalable du gaz et de son emploi au moyen d'un régulateur de pression.

Effet du chauffage préalable des gaz.

Inflammabilité de la charge par l'étincelle électrique à divers points du cylindre.

Effet de la variation de la vitesse et des modifications dans les tiroirs.

Expériences sur la dissociation.

Comme on le voit, ce programme ne laissait rien à désirer, et, s'il eût pu être réalisé, il n'est pas douteux que ces expériences n'eussent fourni des renseignements de la plus haute valeur; malheureusement, il partagea le sort de beaucoup de programmes. Les exposants refusèrent nettement de se prêter aux expériences qu'on leur demandait, et la Commission dut se borner à faire un simple rapport sur les machines exposées.

Ces machines étaient d'ailleurs peu nombreuses.

La Compagnie des machines Clerk, de Philadelphie, exposait deux machines, une de huit et une de dix chevaux, actionnant des dynamos unipolaires de Ball; la première machine entretenait six lampes à arc et la seconde 80 lampes à incandescence.

Les machines de ce système ont deux cylindres : un cylindre moteur où le mélange de gaz et d'air fait explosion à chaque tour, et un cylindre de déplacement par lequel les gaz brûlés sont expulsés du premier cylindre, et une nouvelle charge de mélange détonant est fournie à celui-ci.

La pression dans le cylindre de déplacement ne dépasse jamais un tiers d'atmosphère ; le volume de ce cylindre est plus grand que celui du cylindre moteur; son piston est actionné par une manivelle à angle droit et en avance de celle de l'autre cylindre.

Ce piston aspire de l'air et du gaz pendant la moitié de sa course, et de l'air seul pendant l'autre moitié; pendant la moitié de la course de retour, il refoule l'air dans le cylindre moteur, et pendant le reste de la course, le mélange combustible. Au moyen du calage indiqué pour les manivelles respectives, la première moitié de la course de retour du piston de déplacement correspond au dernier huitième de course d'un sens et au premier huitième de l'autre sens du piston moteur; de sorte que l'air envoyé par le premier piston lave et rafraîchit l'intérieur du cylindre moteur pendant que le piston est aux environs de l'extrémité de sa course.

L'échappement du cylindre moteur se fait par des lumières annulaires découvertes par le piston à fin de course et, pour que l'air puisse s'échapper et le mélange combustible être admis dans le cylindre avant que ces lumières ne soient fermées, le volume du cylindre de déplacement est plus grand que le volume du cylindre moteur augmenté de son espace neutre.

Au retour, le piston moteur comprime le mélange à une pression d'environ 3 1/2 atmosphères, et l'explosion porte la pression à 12. à 15.

L'inflammation se fait au moyen d'un bec Bunsen et d'un tiroir d'allumage.

Les machines portent un dispositif pour les mettre en marche au moyen des gaz comprimés.

Il y a un réservoir dans lequel le cylindre de déplacement peut comprimer du mélange détonant à une pression de 5 atmosphères, au moyen d'une soupape qu'on fait agir un instant avant l'arrêt et qui empêche le mélange détonant de passer au cylindre moteur; cette compression s'opère par l'effet du volant.

Voici les résultats obtenus par une machine de 10 chevaux, résultats fournis par les constructeurs :

Puissance développée à l'indicateur sur le piston moteur.	12.75 chevaux.
Pression moyenne.	5.10 kilog.
Pression maxima	15.60
Pression avant l'inflammation.	4 »
Nombre de tours par minute.	154
Diamètre du cylindre moteur.	0.177
Course du piston moteur.	0.305
Gaz par cheval indiqué et par heure.	590 litres.

Voici quelques renseignements sur les éléments de plusieurs grandeurs de machines Clerk :

N°s du Type	1	2	3	4	5
Puissance indiquée.	4 à 5	8 à 9	10 à 14	15 à 17	25 à 27
Diamètre du cylindre	0.127	0.152	0.178	0.205	0.229
Course du piston.	0.205	0.253	0.305	0.407	0.610
Nombre de tours.	210	180	150	140	120
Longueur occupée.	1.80	2.40	2.70	3.60	3.90
Largeur d°	0.90	1.05	1.10	1.15	1.50
Poids de la machine complète .	950 k.	1220 k.	1720 k.	2620 k.	3570 k.

La maison Schleicher, Schumm et Cie, de Philadelphie, exposait trois machines Otto de quatre, sept et quinze chevaux ; la première actionnait une dynamo Edison de 25 lampes, la seconde une machine Bernstein de 10 lampes. Ce type est trop connu pour qu'il soit nécessaire de s'étendre sur ce point.

MM. Queen et Cie, de Philadelphie, exposaient une petite machine à vapeur chauffée au pétrole. La chaudière de cette machine consiste en une caisse en fonte d'où partent cinquante tubes, également en fonte, de 30 millimètres de diamètre, et $0^{m}22$ de longueur ; le tout est contenu dans une enveloppe en tôle surmontée d'une cheminée. Le chauffage s'opère par la flamme de pétrole pulvérisé par un jet de vapeur fourni par la chaudière et réglé suivant la pression à la chaudière par un système automatique, qui maintient cette pression absolument régulière. L'alimentation d'eau est également réglée par un appareil automatique. Il y a, en outre, comme d'habitude, un manomètre, une soupape de sûreté et un niveau d'eau à tube de verre.

La machine est renfermée dans une caisse en fonte où se fait l'échappement, le bas de cette caisse reçoit l'huile et l'eau condensée et les manivelles en battant dans ce mélange le projettent sur toutes les pièces du mécanisme qui se trouve ainsi largement lubrifié. La machine est à pilon à deux cylindres à simple effet, l'un au-dessus de l'autre, avec un robinet de distribution entre eux deux. Les pistons n'ont pas de garnitures, leur tige commune traverse la boîte à vapeur intermédiaire et la bielle motrice est articulée directement au piston inférieur.

Le robinet de distribution est actionné par un excentrique dont le

calage variable est réglé par un système centrifuge agissant contre un ressort. L'échappement se fait par des lumières ménagées dans les parois des cylindres et découvertes vers la fin de la course par les pistons.

Sur la demande de MM. Queen et Cie et, en présence de leur représentant, il a été fait un essai le 18 octobre 1884, lequel a donné les résultats suivants.

On a d'abord fait faire quelques tours à la machine à la main et en arrière de manière à comprimer l'air dans la chaudière à un degré suffisant pour faire fonctionner le pulvérisateur ; en quelques minutes la pression est montée à 7 kilogrammes. On a alors pesé l'huile et l'eau et ajusté le frein et on a commencé l'essai, lequel a duré plus d'une heure, la machine faisant 500 tours à la minute ; avec la charge complète sur le frein on n'a pu maintenir la pression à plus de 5 à 5 1/2 kilogrammes. La machine a développé quatre dixièmes de cheval avec une consommation de un peu moins de 2 1/4 kilogrammes d'huile et 12 litres d'eau par heure. Ces résultats ne sont pas mauvais pour une si petite force.

Pyromètre calorimètre. — Le journal de l'*Iron and steel Institute* donne, d'après une revue suédoise, la description d'un pyromètre destiné à la mesure des températures dans les foyers métallurgiques, dû à M. S. A. Andrée.

Cet appareil n'est pas autre chose qu'un calorimètre, mais il a été étudié avec soin et on dit qu'il permet d'obtenir les températures avec une approximation de un pour cent, c'est-à-dire avec une exactitude bien supérieure à celle des pyromètres de divers systèmes employés pour l'appréciation des hautes températures.

Les pièces d'essai sont des morceaux de fer du poids exact de 23.5 grammes. Le thermomètre est divisé en dixièmes de degrés, lesquelles divisions ont 1 millimètre, de sorte qu'on peut apprécier très facilement des vingtièmes de degré.

Le récipient contenant l'eau est cylindrique et, pour que la surface de refroidissement soit minima, la hauteur est égale au diamètre ; il contient 300 centimètres cubes d'eau et a 80 millimètres de hauteur et de diamètre, 2 centimètres de hauteur étant prévus pour l'agitation de l'eau opérée par un agitateur formé d'une plaque de cuivre percée de trous, fixée à une tige de baleine qui sert à la déplacer.

Le vase est supporté sur quatre pieds en bois et placé dans une caisse en bois avec l'intervalle garni de ouate. Le couvercle est en verre et a deux ouvertures, l'une pour le thermomètre, l'autre pour la tige de l'agitateur et un trou fermé par une soupape se refermant d'elle-même, par lequel est introduite la pièce d'essai qui tombe dans un panier en toile métallique disposé au milieu du liquide,

On détermine l'équivalent en eau de l'appareil en y introduisant une pièce d'essai à une température connue, telle que 100 degrés ou zéro.

Le point délicat est évidemment la connaissance exacte de la capacité calorifique du métal aux diverses températures ; la note entre dans de grands détails sur la manière d'en tenir compte et contient des tables destinées à faciliter l'emploi de cet appareil qui donne, paraît-il, de bons résultats et est d'un maniement très facile.

Transport dans Paris par omnibus et tramways. — Le *Journal de la Société de Statistique de Paris* donne des renseignements très intéressants sur les modifications qu'a produites sur la circulation dans Paris le changement de matériel effectué par la Compagnie des omnibus ; cette modification remonte déjà à quelques années, mais elle n'en est pas moins opportune à rappeler au moment où la question des transports en commun excite à juste titre les préoccupations.

En 1874, la Compagnie des Omnibus ne disposait que de voitures à 26 ou 28 places ; à cette date, un cheval attelé à une voiture de ce type, transportait 41 voyageurs ; en 1881, il ne transportait plus, attelé à une voiture de ce modèle, que 35.3 voyageurs, et cela à cause du report de l'ancien matériel sur les lignes à plus faible circulation.

En revanche, attelé à une voiture à 40 places, il transportait en 1881 43.1 voyageurs et, attelé à une voiture de tramways, 62.2, soit en moyenne, pour l'ensemble du service, 45.5 voyageurs.

Il en résulte que, de 1874 à 1881, le nombre des voyageurs transportés, par journée de cheval, s'est élevé de 41 à 45.5, soit 4.5 d'augmentation ainsi repartis :

Intérieur	1.3
Impériale	3.2
	4.5

Le plus grand nombre de places offertes proportionnellement à l'impériale, où les dames sont admises dans les grands omnibus et les tramways, a amené une augmentation notable de la proportion des voyageurs d'impériale.

Cette proportion qui était, en 1874, de	72.8
S'est élevée en 1881 :	
Pour les voitures à 40 places, à.	85.0
Pour les tramways, à	87.1
Soit, pour l'ensemble des services, à	81.3

Or, comme le nombre des voyageurs augmente, il faut en conclure qu'il n'y a pas dans ce fait un simple déplacement des voyageurs de l'intérieur à l'impériale, mais bien la création d'un trafic supplémentaire de voyageurs d'impériale résultant du plus grand nombre de places offertes.

COMPTES RENDUS

SOCIETÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

SEPTEMBRE 1885

Rapport de M. le colonel GOULIER sur une **Machine à diviser**, présentée par M. E. PÉRAUX.

M. Péraux a imaginé une règle à calcul à deux réglettes, dont le but est de procurer une exactitude double ou quadruple de celles qu'on obtient avec les règles ordinaires de même longueur; pour l'exécution de ces règles, il a exécuté des machines à diviser, entièrement en bois, dont le principe est celui de la similitude des triangles; un coin, incliné au dixième, déplacé entre une règle fixe et un chariot mobile dans un sens perpendiculaire à l'une des faces du coin, repousse ce chariot d'une longueur égale au dixième de son propre déplacement.

Dans les applications de cette machine, l'auteur s'est trouvé amené à interposer des divisions croissantes ou décroissantes entre des traits dont les positions étaient données par des expériences ou par le calcul. Il a imaginé, pour cela, de faire usage de divisions harmoniques, ou autrement dit, des échelles de perspective ou de fuite; ce principe, combiné avec des dispositions de détail très bien étudiées, a permis d'établir des machines très simples et d'un prix d'établissement modéré qui peuvent rendre de réels services dans les ateliers de dessin et de gravure.

Rapport de M. H. PÉLIGOT, sur 1° **un appareil permettant d'ouvrir et de fermer les compteurs à distance**, 2° **un bec de gaz automatique**, présentés par MM. CROS ET MURATORI.

L'appareil comprend un obturateur, lequel peut remplacer le robinet d'admission du compteur et se compose d'une cloche contenant du mercure dans lequel plonge un ajutage ; le déplacement de cet ajutage ouvre ou ferme le passage au gaz et est déterminé par le fonctionnement d'un aspirateur en communication avec l'obturateur par un

cordon d'air d'une longueur quelconque; cet aspirateur est également constitué par une cloche à mercure.

Cette possibilité de fermer un compteur à distance pourrait, dans certains cas, présenter le danger de faire négliger la fermeture des becs et des explosions auraient pu se produire au moment de l'allumage.

Pour combattre ce danger, les inventeurs ont imaginé une disposition par laquelle les becs sont fermés automatiquement dès que le compteur est fermé et que le gaz n'arrive plus, mais sont rouverts seulement par une manœuvre spéciale.

Cette disposition consiste encore dans une petite cloche à mercure qui retombe lorsqu'on ferme l'arrivée du gaz dans la conduite et la seule pression du gaz, quand on rétablit la communication, ne suffit pas pour faire remonter la cloche, mais elle est assez forte pour la maintenir soulevée; il faut donc soulever la cloche pour rendre le gaz au brûleur, ce qui s'opère avec une petite tige qu'on manœuvre.

Industrie cotonnière, remarques sur quelques défauts de fabrication.

Ces remarques sont dues à M. Bowman et ont été faites dans une série de conférences, faîtes à l'Ecole technique de Bradford ; elles sont surtout relatives à la teinture et à l'impression des tisssus de coton.

Notes sur les dégras, composition, analyse, essai des huiles pour le chamoisage, par M. Ferdinand Jean.

On sait que les peaux de cerf, de daïm et d'agneau, destinées à la confection des objets d'habillement et à la ganterie, ainsi que les peaux de bœuf et de veau, qui servent à faire les buffleteries, sont soumises à une préparation qu'on désigne sous le nom de *chamoisage*, laquelle constitue un véritable tannage à l'huile; on emploie des huiles de baleine ou de poisson ; l'excès d'huile est retiré ensuite par torsion ou par pression et est vendu sous le nom de *dégras* aux corroyeurs qui s'en servent pour nourrir le cuir et lui donner de la souplesse ; les dégras que l'on trouve dans le commerce presentent des compositions très variables et les corroyeurs auraient très grand intérêt à n'acheter ce produit que sur analyse.

Les dégras constituant un mélange de diverses matières, leur analyse nécessite la détermination de l'eau, des matières animales, des cendres, de l'huile, des matières saponifiables, des matières résinoïdes, de l'alcali ou de l'acide. Chacune de ces déterminations est étudiée séparément dans la note de M. Jean.

Appareils indicateurs de niveau d'eau, de Lefèvre et Renault et de Lempert et Lengensiepen.

Il serait très difficile de faire comprendre le fonctionnement de ces appareils sans l'aide des figures jointes à l'article ; la description du premier, est extraite des *Annales industrielles*, et celles du second, du *Dingler's polytechniches Journal*.

L'eau oxygénée, sa préparation et ses usages, par W. Lindner. (Extrait du *Chemiker Zeitung*).

Il paraît que la consommation de l'eau oxygénée va en augmentant d'année en année ; on la prépare toujours au moyen du bioxyde de baryum qu'on décompose avec un acide, généralement de l'acide fluorhydrique, phosphorique ou même oxalique.

On l'emploie pour le blanchiment de l'ivoire, des cheveux, soies, plumes, etc., ainsi que de la laine ; elle est aussi susceptible de nombreux usages domestiques, enlèvement des taches de vin, fruits, herbe, encre, etc., désinfection des petites plaies, etc. ; on fait, en ce moment, des essais sur l'emploi de l'eau oxygénée pour la régularisation des fermentations et la conservation des fruits et légumes.

On obtient l'eau oxygénée à 3 0/0 à assez bas prix.

Extraction de l'or, procédé électrolytique de M. Henry R. Cassel (Extrait de la *Nature*).

Sur les alliages de cobalt et de cuivre, par M. G. Guillemin (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

Les puits à pétrole en Amérique (Extrait de la *Revue scientifique*).

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

SEPTEMBRE 1885

Notice biographique sur M. Comoy, inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. Martin, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Commission technique de l'assainissement de Paris, résumé des travaux et résolutions adoptées.

Cette Commission, composée d'inspecteurs généraux et d'ingénieurs

en chef des Ponts et Chaussées, d'Ingénieurs civils, d'hygiénistes, d'architectes et de membres de la Commission des logements insalubres, a été nommée en octobre 1882; elle a arrêté les principes généraux dont elle recommande l'application à l'Administration municipale.

L'étude de l'assainissement part du logement; elle pose le principe du cabinet spécial à chaque logement et de l'emploi de l'eau à la dose minima de 10 litres par jour et par personne; le siphon hydraulique est exigé pour les sièges des cabinets et pour les eaux ménagères; le tuyau de chute doit être prolongé au-dessus du toit, et des réservoirs automatiques doivent assurer des chasses intermittentes dans les tuyaux de chute.

Au point de vue de la réception des matières, la Commission condamne le système des fosses fixes, de même que celui des récipients, fosses mobiles, tinettes, etc., qui s'opposent au libre et rapide écoulement des matières, et, quant au mode d'évacuation, après de savantes discussions, la Commission a admis, à une forte majorité, le principe de l'envoi direct des matières de vidange à l'égout.

On devra améliorer le système central des collecteurs, devenus aujourd'hui insuffisants, en créant de nouvelles galeries pouvant débiter 400,000 mètres cubes et transformer les machines élévatoires de Clichy, pour assurer l'écoulement et prévenir la stagnation des eaux d'égouts.

Les résolutions, dont nous venons d'indiquer les bases, comprennent 34 articles.

Mémoire sur l'**Assainissement de la Seine**, par M. A. Durand-Claye, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Cette note contient l'historique des études et expériences, qui, entreprises dès 1867, et poursuivies sans interruption depuis cette époque, ont abouti à la grande démonstration de la plaine de Gennevilliers, dont la salubrité et la prospérité sont aujourd'hui indiscutables.

Les ingénieurs du service municipal ont dressé un projet comprenant la continuation des irrigations dans la plaine de Gennevilliers et leur extension sur les terrains domaniaux situés sur le territoire d'Achères, à l'extrémité nord-est de la forêt de Saint-Germain.

Un projet de loi dressé conformément, est actuellement soumis à l'examen d'une Commission parlementaire.

L'assainissement de la Seine comprend deux services : 1° le service des irrigations de la plaine de Gennevilliers; 2° celui des études et travaux neufs.

La note de M. Durand-Claye examine successivement, pour la première partie : 1° l'alimentation, comprenant l'égout partant du collec-

teur Nord de Paris à la porte de la Chapelle et amenant les eaux de l'autre côté de la Seine, en face de Saint-Ouen et la seconde dérivation, allant du collecteur d'Asnières à Clichy, où se trouve l'usine élévatoire. Cette usine comprend trois groupes de machines et pompes, représentant une force collective de 1,100 chevaux ;

2° La distribution dans la plaine de Gennevilliers, au moyen de 34,000 mètres de conduites de diamètres divers, de 1 mètre à 0m,30.

3° Le drainage destiné à abaisser le niveau de la nappe souterraine, établi en 1878-79.

4° Les résultats, lesquels sont mis en évidence d'une manière remarquable par l'accroissement de 34 0/0 de la population de Gennevilliers.

La seconde partie comprend :

1° Les études pour l'extension des irrigations pour les eaux d'égout sur les territoires domaniaux d'Achères ;

2° Les études pour l'épuration des eaux des égouts départementaux et de la partie Est de la capitale ;

3° Les études et travaux en vue de l'assainissement de Paris.

Ces dernières études ont conduit à l'application du système dit : « Tout à l'égout » à l'Hôtel de Ville, à la caserne Schomberg de la Garde républicaine, d'un groupe scolaire, rues Cujas et Victor-Cousin, d'un des théâtres de la place du Châtelet, de deux pavillons de la caserne de la Cité, et d'un certain nombre de maisons particulières.

Les procédés appliqués dans chacun de ces édifices, ont été partout fondés sur les principes indiqués par la Commission technique dans les 34 articles de ses résolutions, et dont nous avons fait connaître plus haut les bases.

Notice sur **les prix de revient de la traction et sur les économies réalisées par l'application de diverses modifications aux machines locomotives.** par M. Ricour, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

M. Ricour avait, dans un précédent Mémoire (voir Comptes rendus de Juin 1884), fait connaître les avantages réalisés par l'emploi des soupapes de rentrée d'air et les tiroirs cylindriques appliqués à plusieurs machines des chemins de fer de l'Etat. Depuis, l'expérience a été étendue sur une plus vaste échelle, et l'objet de ce ce nouveau Mémoire est d'abord d'indiquer les avantages et les inconvénients que la pratique a définitivement fait reconnaître à ces nouveaux organes ainsi que les précautions spéciales qu'en exige l'emploi.

Ensuite, l'auteur signale de nouvelles modifications tendant, comme les premières, à réduire l'usure des machines et à augmenter leur effet utile, puis, il recherche dans quelle mesure les améliorations

réalisées manifestent leur influence sur le prix de revient de la tonne kilométrique.

D'après M. Ricour, les tiroirs cylindriques n'auraient que 1 millimètre d'usure pour 200,000 kilomètres de parcours, alors que les tiroirs plans ne feraient que 3,300 kilomètres pour 1 millimètre d'usure, le rapport serait donc de 1 à 60. L'augmentation de durée du mécanisme de commande est dans la même proportion.

Il y a eu également prolongation considérable de la durée des chaudières et suppression totale des dépôts adhérents.

Les relevés faits au dépôt de Saintes montrent que, du 1er janvier au 31 décembre 1882, alors que toutes les machines avaient des tiroirs plans, le combustible brûlé par 1000 tonnes kilomètriques atteignait 75 kil. 033 et que du 1er janvier au 31 décembre 1884, alors que 30 machines sur 40 avaient des tiroirs cylindriques, le poids du combustible brûlé pour 1000 tonnes kilomètriques était descendu à 66k,181, soit une augmentation d'effet utile de 13,4 0/0.

M. Ricour explique que la réduction du travail résistant des tiroirs a pour effet de diminuer l'écart de l'effort minimum et de l'effort maximum agissant à la circonférence des roues pendant un tour de roues et, par suite, de permettre à l'effort moyen de se rapprocher du coefficient d'adhérence $\frac{P}{4}$ davantage qu'avec les tiroirs plans.

(Nous renverrons pour l'intelligence de ces considérations, à la note sur l'adhérence des locomotives, par M. A. Fligner, dont nous avons avons donné un résumé dans la chronique d'août 1884, page 169).

Les nouvelles modifications dans les locomotives consistent dans des écrans réfractaires dans les foyers des machines, à l'imitation de ce qui se pratique d'une manière générale en Angleterre et dans l'emploi de surfaces de moindre résistance, pour réduire la résistance de l'air.

Les écrans réfractaires sont formés de briques, appuyées sur des tubes à eau allant du bas de la plaque tubulaire au ciel du foyer, mais ces tubes ne sont pas dans le même plan, de sorte que l'écran forme une sorte de V qui divise le foyer en deux compartiments et dirige la flamme en partie vers les parois latérales.

La résistance de l'air, aux vitesses un peu considérables, devient dominante dans l'ensemble des résistances d'un train.

L'auteur du Mémoire a fait des expériences sur ce sujet, à l'aide de balances installées à droite et à gauche de l'abri d'une locomotive ; le plateau avait 1 décimètre carré de surface et une aiguille indicatrice, faisait voir la pression exercée contre un ressort par la résistance de l'air ; cette résistance varie comme le carré de la vitesse ; elle a été trouvée de 49 kilogrammes par mètre carré, à la vitesse de 70 kilomètres à l'heure.

Comme la surface résistante d'une machine et de son tender, nor-

malement au sens de la marche, peut être estimée à 12,5 mètres carrés, la résistance de l'air est, à la vitesse indiquée plus haut, de 612 kil. 50.

On réduit considérablement cette résistance par l'emploi de surfaces inclinées, lequel, d'après les calculs de M. Ricour, peut amener une augmentation en travail utile de 13 0/0; ces plans inclinés ont été appliqués à quelques machines du réseau de l'État.

Dans le dernier chapitre de la notice, M. Ricour recherche le prix de traction sur les grands réseaux français, et, de cette comparaison avec le prix obtenu en 1884 sur le réseau de l'État, conclut, en faveur de ce dernier, à une économie de 9,1 0/0 sur les prix les plus bas obtenus en France, et de 12,9 0/0 sur les prix moyens de l'ensemble des réseaux français.

Une partie de cette économie est due à l'amélioration du profil par la réduction des rampes.

M. Ricour conclut que, lorsque tout le matériel des chemins de fer de l'État aura reçu les modifications diverses qui ont été indiquées, les dépenses de traction seront réduites de 4,000 francs par machine et par an; cette réduction, appliquée aux 7,000 machines qui existent en France, produirait une économie annuelle sur les frais de traction de 28 millions de francs pour l'ensemble des chemins de fer français.

Note sur **la résistance comparée des constructions semblables,** par M. DE PERRODIL, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'expression semblable est ici employée dans le sens géométrique. deux constructions semblables étant celles qui sont composées de parties de même nature, satisfaisant comme solides géométriques aux conditions de la similitude, tels que seraient deux ouvrages ou appareils construits d'après un même projet à des échelles différentes. Les résistances sont entre elles comme les carrés des dimensions homologues.

Note sur **l'influence des joints dans la résistance à l'écrasement des maçonneries de pierre de taille,** par M. TOURTAY, ingénieur des Ponts et Chaussées.

Les conclusions de ce Mémoire sont, que l'écrasement du mortier a lieu sous des pressions très supérieures à la résistance intrinsèque de ce mortier, mais très inférieures à la résistance de la pierre, que la pression qui produit la désagrégation des mortiers est en raison inverse de l'épaisseur du joint, toutes choses égales, et qu'il y a intérêt à réduire l'épaisseur des joints au minimum compatible avec une bonne fabrication. Les pierres superposées sans joints donnent une résistance inférieure à celle de la pierre elle-même, mais supé-

rieure à celle des maçonneries avec joints de mortier; enfin, les blocs réunis par un simple coulis de ciment paraissent travailler comme des monolithes et donnent des résistances très supérieures à celles des maçonneries avec joints.

Note sur **l'explosion d'une chaudière aux forges d'Eurville.**

Ce rapport a déja paru dans les *Annales des Mines*, 3me livraison de **1885.** (Voir compte rendu d'octobre, page 526).

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 44. — 31 octobre 1885.

Les machines à l'Exposition universelle d'Anvers, en 1885, par B. Salomon.

Les gymnases et les écoles dites « realschule » au point de vue des études scientifiques et techniques, par le Dr Lunge.

Machines agricoles. — Semoirs.

Groupe de Hanovre. — Tuyaux à ailettes pour chauffage.

Association des chemins de fer. — Exploitation par le block-système sur les lignes à une seule voie. — Nouvelle horloge de 24 heures. — Chemins de fer Alpins.

Patentes.

N° 45. — 7 novembre 1885.

Les machines à l'Exposition universelle d'Anvers en 1885, par B. Salomon (*suite*).

Ponts. — Assurance des ponts contre les ruptures. — Chute d'un ont route à Salez-Buchs. — Pont sur le Schwarzwasser en Suisse. — Indicateur d'efforts de Frankel. — Système pour libre dilatation des poutres de ponts. — Pont sur l'Indus à Altock. — Pont sur la

rivière Fraser. — Fondations par le froid, système Poetsch. — Pont sur le Dnieper à Ekaterinoslaw.

Électro-technique. — Comparaison entre les lampes à arc et les lampes à incandescence.

Groupe de Brunswick. — La plus grande sucrerie en France. — Enveloppes non conductrices contre les déperditions de chaleur.

Groupe de Carlsruhe. — Appareil pour l'application de la viscosité des huiles. — Assemblage de tuyaux. —

Patentes.

Bibliographie. — Moteurs à gaz, par G. Richard. — Machines à gaz, par W. Mac Gregor.

Le secrétaire-rédacteur,

A. Mallet.

ANNEXE

AUX

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE NOVEMBRE 1885

Réunions supplémentaires

du 30 Octobre et du 13 Novembre 1885

CONFÉRENCES SUR LES LANGUES INTERNATIONALES

Réunion du 30 octobre 1885

PRÉSIDENCE DE M. DE COMBEROUSSE

Conférence de M. E. MALDANT, Membre de la Société.

La séance est ouverte à neuf heures moins un quart.

M. LE PRÉSIDENT. — Mesdames et Messieurs,

M. Maldant a à vous parler d'un sujet extrêmement intéressant et qui, au premier abord, semblerait néanmoins ne pas devoir s'adresser directement aux Ingénieurs; mais, si on y réfléchit un peu, aujourd'hui que les chemins de fer ont transformé absolument la face du monde, on s'aperçoit bien vite que toutes les nations, malgré leurs querelles et leurs haines, ne forment, pour ainsi dire qu'un seul peuple et ont, par conséquent, le plus grand intérêt, à savoir ce qui se passe les unes chez les autres. Il en résulte que, si on pouvait trouver un moyen de n'être étranger à aucune invention, à aucune théorie, à aucun des travaux qui se font chez les différents peuples, on rendrait à l'humanité un très grand service, et il est probable que cette diffusion, que cette langue internationale dont veut vous parler M. Mal-

dant, amènerait un peu d'adoucissement dans les haines qui nous séparent et qui, malheureusement, suivant toute probabilité, nous sépareront bien longtemps encore. Je vous demande pardon de la comparaison ; mais, dans le règne animal, n'y a-t-il pas des chiens et des chats, et n'est-il pas difficile de les faire s'aimer ? On est arrivé, cependant dans certaines maisons, à les faire vivre côte à côte. Mais pour les hommes, c'est plus difficile, et les efforts de M. Maldant méritent d'être encouragés. Je lui cède immédiatement la parole, en m'excusant de ne la lui avoir pas donnée plutôt.

M. Maldant prend la parole et s'exprime comme il suit :

Mesdames, Messieurs,

Permettez-moi, avant de vous parler de la langue internationale, de remercier notre excellent Président et tout notre Comité, de la grâce si parfaite avec laquelle ils ont voulu m'accorder une séance tout entière pour vous parler d'un sujet qui, au premier abord, pourra surprendre beaucoup de monde, mais qui, je l'espère, finira par vous paraître digne du temps que vous aurez bien voulu y consacrer aujourd'hui.

Je l'avoue, il y a des questions qu'il est difficile d'aborder sans un peu d'inquiétude, devant une Société sérieuse comme la nôtre ; ce sont celles dont le simple exposé provoque habituellement un sourire d'incrédulité, même quand on a l'indulgence de ne pas les reléguer tout simplement parmi les utopies.

La *Langue internationale* est certainement l'une de ces questions épineuses ; aussi, avant de l'aborder, mon premier besoin est-il de faire appel à votre bienveillance.

Il y a plus de deux cents ans que Leibnitz, attribuant aux *langues* la plus profonde influence civilisatrice, prétendait créer un *langage* et une *écriture* universels. Et pourtant, malgré leur incontestable nécessité, malgré tous les efforts nouveaux tentés depuis, pour amener leur réussite, ce langage et cette écriture n'existent pas encore.

La difficulté à vaincre est-elle donc bien terrible ? Et l'utilité d'une langue internationale est-elle suffisamment démontrée ?

Ces deux questions peuvent être, l'une et l'autre, hardiment résolues par l'affirmative.

Oui, tous les peuples que rapprochent, de plus en plus, les relations scientifiques, commerciales ou industrielles ont impérieusement besoin de se comprendre ; et c'est précisément pour cela que l'étude des principales langues vivantes prend une place si grande, et souvent si absorbante, dans l'instruction générale des nations civilisées.

La diversité des langues est, bien évidemment, l'un des plus grands obstacles à l'entente cordiale et au rapprochement des peuples ; et grâce aux merveilleuses transformations sociales qui découlent partout des applications progressives de la vapeur, de l'électricité et de toutes les branches de l'activité humaine, cet obstacle funeste et barbare devient, chaque jour, de plus en plus intolérable.

Chaque jour, en effet, et malgré toutes les entraves, nous voyons les progrès tutélaires de la science pénétrer chez tous les peuples.

Chaque jour, nous voyons se multiplier leurs rapports commerciaux et intellectuels, et nous admirons leurs efforts de rapprochement par l'organisation des Expositions universelles, des Concours généraux et des Commissions internationales.

Mais lorsqu'il nous est permis d'assister à quelques-unes de ces grandes *assises* humaines, il nous est absolument impossible de nous défendre d'un profond sentiment de tristesse et d'humiliation!

Nous constatons toujours, en effet, que dans ces nouvelles *tours de Babel*, les intelligences, même les plus élevées, demeurent fatalement séparées par toutes les profondes ornières du passé ; et cela, surtout, parce qu'elles ne se comprennent pas et que c'est à grand'peine qu'elles parviennent quelquefois, en rompant avec toutes leurs habitudes, à pouvoir échanger partiellement et fugitivement quelques unes de leurs pensées les plus essentielles.

Il est donc bien manifeste que pendant que la science progresse, pendant que la diffusion des lumières s'opère chez tous les peuples, pendant que les applications de la vapeur et de l'électricité diminuent ou suppriment les distances; en un mot, pendant que les frontières artificielles s'abaissent, l'adoption d'un *langage international* devient non seulement une nécessité de premier ordre, mais encore une nécessité inéluctable et dont l'urgence grandit chaque jour.

Mais si la langue internationale est bien réellement une nécessité, quel est donc l'obstacle redoutable qui peut en retarder si malencontreusement l'avènement?

Cet obstacle, c'est l'amour-propre national : c'est l'exagération du patriotisme individuel. Chaque peuple reconnaît bien le caractère urgent de cette grande réforme humanitaire, et chaque peuple veut bien admettre une langue internationale ; mais, c'est à la condition que cette langue *sera la sienne*.

La langue internationale ne devra jamais être qu'un instrument de raison, de progrès, de paix sociale et de civilisation. Son but suprême est l'entente et le rapprochement des hommes : elle a donc nécessairement contre elle, tout ce qui a tendance ou intérêt à les séparer.

La constitution d'un langage international aura toujours, logiquement, pour adversaires, tous les despotismes et toutes les étroitesses d'esprit. Mais aussi, par contre, elle a le droit de compter sur le

concours de tous les esprits généreux et élevés, qui savent placer l'intérêt général avant l'égoïsme ou l'intérêt particulier. C'est à ce titre surtout, que nous réclamons ici, pour elle, tout votre sympathique appui.

Lorsque, il y a bientôt 40 ans, j'ai commencé à penser sérieusement à cette question, j'habitais Tours, et j'y vivais en contact presque continuel avec des Anglais, des Espagnols et des Italiens. Pendant longtemps ma principale préoccupation fut de comparer la langue de ces peuples étrangers, avec le latin et le français, et je m'efforçais alors de me rendre compte de leurs dissemblances et de leurs irrégularités.

Toutes les langues, tous les idiomes qui se parlent en ce moment sur la terre, sont l'œuvre d'un passé plus ou moins lointain. Ils ont donc été nécessairement commencés par l'ignorance. Peu à peu, seulement, ils se sont complétés, enrichis, perfectionnés ; mais ils ont tous conservé, plus ou moins, leurs irrégularités, leurs longueurs et leurs vices originaires.

Aussi, procédant d'abord par *analyse*, j'essayais laborieusement de supprimer, dans chaque langue, tous les illogismes et toutes les irrégularités. Mais je ne tardais pas à m'apercevoir qu'en supprimant ainsi, et bien avant même d'avoir pu remonter jusqu'aux origines et aux principes des langues, il ne me restait plus rien du tout!

Un jour j'assistais, à Tours, à l'inauguration de la statue de Descartes, et je méditai longtemps sur cette phrase célèbre de notre grand mathématicien philosophe (phrase écrite sur le socle de sa statue) : *Cogito, ergo sum* (Je pense, donc je suis).

Je fis, alors, un peu plus connaissance avec Descartes; et quand j'eus bien compris que, pour se faire des idées philosophiques plus acceptables que celles qui avaient cours de son temps, il avait résolu d'édifier, de toutes pièces, un nouveau système rationnel, en s'imposant l'obligation de commencer d'abord par *douter de tout :* Alors je compris bien que sur cette vérité primordiale : *cogito, ergo sum*, il avait pu ériger logiquement tout son système.

Mais je pensai en même temps et je compris aussi, pour la première fois, que la langue universelle ou internationale ne pourrait être logiquement, elle aussi, qu'une langue rationnelle, absolument *neuve* et faisant résolument *table rase du passé.*

C'est donc dans cet ordre d'idées que j'examinai, dès lors, les premiers signes, et que j'écrivis plus tard les premières règles de la langue internationale que je vais examiner rapidement devant vous.

Mais je dois vous dire, tout d'abord, que je n'ai jamais eu la pensée téméraire de présenter ici, et du premier coup, une œuvre parfaite. Je n'ai pas songé davantage à saper ou à détruire aucune des langues existantes, car personne, plus que moi, ne respecte tous leurs

chefs-d'œuvre. Je crois fermement, au contraire, que tout en apprenant le moyen facile, logique et prompt de correspondre, par un nouveau langage, avec tous les autres peuples de la terre, chaque peuple isolé doit cultiver et conserver utilement sa langue maternelle.

Pour avoir toute l'utilité et surtout toute l'autorité qu'il comporte, le travail dont nous allons nous occuper devrait émaner d'un *Congrès international*, seul capable de faciliter son adoption et sa propagation générale. Mais pour qu'un tel congrès puisse examiner utilement et sanctionner un langage général, il faut, tout au moins, lui en soumettre les bases. C'est ce que nous essayerons de faire dans l'étude sommaire que nous allons présenter, ici, pour la formation, de toutes pièces, d'un nouveau langage rationnel *écrit et parlé*.

Notre principale préoccupation, en composant ce nouveau langage, a donc été de le faire entièrement neuf ; c'est-à-dire sans attaches directes avec aucune autre langue et, par suite, sans préférence *ni servage* d'aucune sorte.

Je commencerai par examiner ce qui est absolument nécessaire à toutes les langues, c'est-à-dire l'émission des *sons*, et leur *articulation* plus ou moins complète. Évidemment on se trouve immédiatement placé, dans cet ordre d'études, entre un attrait et un écueil : l'attrait, c'est de faire simple ; l'écueil, c'est le risque de ne pas faire complet.

Pour faire simple, on veut diminuer le nombre des éléments ; mais, si on fait trop simple, on s'aperçoit bien vite qu'on est obligé de répudier les prononciations ayant cours chez la plupart des nations ; et, par conséquent, la reproduction des mots et des noms propres, géographiques ou autres, devient absolument interdite. Il faut donc qu'une langue nouvelle tienne un compte sinon absolu, complet, de ce qui est nécessaire aux diverses langues, tout au moins qu'elle en tienne un compte qui permette d'exprimer les noms propres et de mettre en rapport les différents peuples sans les troubler trop profondément.

Quand il s'est agi d'émettre des sons, j'ai trouvé que dans toutes les langues, il y avait cinq sons qui se prononçaient facilement par tout le monde. Mais il y en a un, dans notre langue, qu'il faudra répudier pour une langue *internationale*, c'est notre son *u*.

Tout le monde sait que les Anglais ne prononcent pas facilement notre *u*, que les Italiens ne le prononcent pas du tout et qu'un certain nombre de peuples ne peuvent parvenir à le prononcer comme nous.

Cette lettre-là, que nous ne prononçons aisément que parce que nos gosiers s'y sont habitués dès l'enfance, ne peut pas être conservée ; il faut donc lui donner une autre prononciation. Nous prendrons à sa place, la prononciation toute naturelle de *ou* ; ce sera notre *u* international.

Nous prendrons donc pour nos cinq *voyelles* les cinq sons qu'un Français prononcerait ainsi :

a, é, i, o, ou.

Maintenant, je passe aux *consonnes*. Je me suis demandé souvent combien je devais en adopter? Après bien des tâtonnements, j'en avais mis 12, puis 20, puis 18, puis 19, puis 16 ; enfin je suis resté au nombre 16, après une série de péripéties qu'il serait trop long de vous énumérer ici, mais qui avait toujours pour base la grande loi dont je vous parlais tout à l'heure : celle de dire assez, et celle de ne pas nuire à la simplicité du langage, en voulant être trop complet. J'ai donc pris 16 consonnes. Mais, je me suis bien vite aperçu que je pouvais prendre n'importe quel alphabet, sans rencontrer aucune logique dans la façon dont se prononcent partout les consonnes.

Prenons, comme exemple, notre langue française et demandons nous s'il n'est pas bizarre de voir que nous disons un *b (bé)*, et que nous disons un *l (elle)*, un *k (ka)*, un *z (zède)*, un *f (effe)*, etc. ; autant de consonnes, autant de sons différents, autant d'*irrégularités*.

Il fallait une *règle*, que nous avons trouvée dans un sixième son, qui était aussi un son naturel qu'on aurait pu ajouter, au besoin, aux voyelles : c'est le son de l'*e* muet. Nous n'avons pas fait une voyelle de l'*e* muet, mais nous nous servons utilement de ce *son* pour articuler toutes les consonnes.

Je vais donner un autre renseignement sur les articulations. Notre c se prononce *che*; nous avons été obligés de le conserver parce que le *che* est répandu avec profusion dans presque toutes les langues de la terre.

Il avait été supprimé d'abord puisque le *c* (dur) était remplacé par la consonne *k* (que), et le *ç* par le *s (se)*. J'ai donc rétabli le *c* en lui donnant la prononciation de *che*, de sorte que mes 16 consonnes sont représentées par les prononciations suivantes :

Be	Che	De	Fe
Gue	Je	Ke	Le
Me	Ne	Pe	Re
Se	Te	Ve	Ze

On voit que, dans tous ces sons-là, il n'y a rien de baroque, et il en est partout de même.

Maintenant, ceci fait, il fallait écrire les lettres. Quelle était l'*écriture* qu'il fallait adopter? Encore même difficulté, car nous rencontrons presque autant d'écritures que de langages. Il fallait donc adopter logiquement, un genre d'écriture qui fût simple, qui distinguât les voyelles des consonnes et qui ne fut pas tout à fait fantaisiste.

Dans presque toutes les écritures, il y a deux choses dominantes : la ligne *droite* et la ligne *courbe*. Seulement, ces lignes s'y mêlent sans aucune espèce de règle ou de nécessité. Faisant une langue nouvelle, rien ne nous était plus facile que de distinguer, par l'écriture, les sons des articulations.

Donc, prenant la courbe et la ligne droite, nous nous sommes servi de la ligne *courbe* pour exprimer les *voyelles*, qui sont moins nombreuses que les consonnes ; et nous les avons représentées par ces deux signes O, C, en faisant varier, comme ci-après, les positions du second :

a	é	i	o	u
O	C	Ɔ	∩	∪

Vous voyez que, pour les quatre dernières voyelles, c'est toujours la même lettre, placée dans des positions nettement différentes et ne pouvant pas être confondues. La lettre complètement ronde, — je dis *ronde* pour ne pas compliquer le langage, puisque c'est seulement une courbe *fermée* et non une circonférence, un ovale ou une figure régulière — la lettre ronde est notre *a* (O) ; notre lettre *é* sera un demi-rond debout (C) ; *i* sera le même demi-rond dans une position contraire (Ɔ) ; *o* sera représenté par ce demi-rond couché (∩) ; et *u* par un demi-rond couché en sens inverse (∪). De sorte que, avec ces deux caractères O, C, je fais simplement et aisément toutes les voyelles.

Vous allez voir, maintenant, qu'avec les quatre caractères suivants, je fais *tout l'alphabet* : O, C, |, ˥. Deux de ces caractères me servent pour les voyelles (O C) ; les deux autres (| L) feront les seize consonnes sans aucune confusion.

La première de ces lettres est un bâton (|) ; la seconde est un bâton avec un petit crochet (L). Le crochet sera tantôt à gauche, tantôt à droite, quelquefois en bas. J'ai indiqué ci-après les quatre consonnes placées *verticalement* ; je les appellerai, si vous voulez, chefs de file :

b	g	m	s
|	˥	Γ	ȷ

Eh bien, ces quatre caractères feront toutes les consonnes. Il suffira, pour cela, de les écrire chacune par *groupe de quatre* (comme dans le tableau suivant) : la première reste placée verticalement ; la seconde est inclinée d'environ 45 degrés de droite à gauche ; la troisième est

inclinée de 45 degrés de gauche à droite ; et la quatrième est couchée horizontalement.

Be	Che	De	Fe
Gue	**Je**	**Ke**	**Le**
Me	**Ne**	**Pe**	**Re**
Se	**Te**	**Ve**	**Ze**

Pour les commençants, qui n'auront jamais écrit ces signes, on n'a qu'à prendre du *papier quadrillé*, et on fait bientôt de la calligraphie aussi nette que si c'était tracé avec une règle. J'ai cherché beaucoup et c'est ce que j'ai trouvé de plus simple et de plus logique. Tous ces caractères peuvent se faire d'un seul coup, sans lever le crayon ou la plume ; ce qui permet, avec un peu d'exercice, d'arriver à une très grande rapidité d'écriture. Ceci étant fait, *l'alphabet* étant écrit, les lettres se placent et se prononcent comme ci-après : (*Voir page 549.*)

Après la confection de l'alphabet, j'ai commencé à accoupler les lettres. Ainsi je suis arrivé à écrire, en commençant les mots par les consonnes, tous les mots de deux lettres :

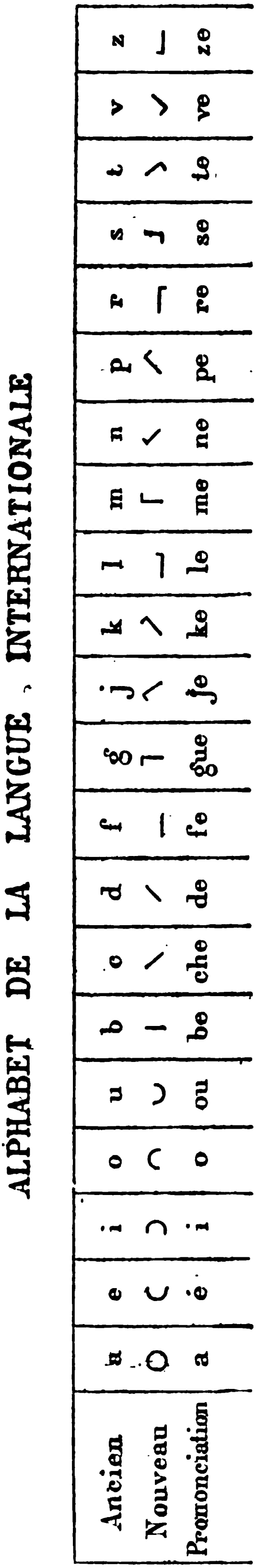
ba	be	bi	bo	bu, etc.

Ensuite, en commençant les mots par les voyelles, j'ai eu :

ab	eb	ib	ob	ub, etc.

J'ai eu, ainsi, deux fois 80 mots différents ; ou en tout 160 mots (160), et toutes les combinaisons de deux lettres, (voyelles et consonnes) ont été épuisées.

Je suis passé alors aux combinaisons de trois, puis de quatre, puis de cinq lettres. Mais je me suis bientôt aperçu qu'en faisant des mots de cinq lettres on peut arriver à avoir plus de 150,000 combinaisons différentes, et par conséquent plus de 150,000 mots. Donc, il est inutile de mettre plus de cinq lettres pour écrire le mot le plus long d'une langue internationale ayant les éléments dont nous disposons, puisque les langues les plus longues n'emploient guère qu'un maximum de 30 à



40,000 mots dont beaucoup, même, sont des homonymes, des synonymes et des mots peu usités.

Avec 150,000 mots, nous avons donc une inépuisable *réserve* pour l'avenir.

Mais, il y a encore, ici, un point bien intéressant, qu'il est bon que je vous indique de suite.

En écrivant tous les mots commençant par une consonne, je me suis aperçu que ces mots étaient deux fois un tiers plus nombreux que les mots commençant par une voyelle.

Au premier abord, cela ne semble pas avoir beaucoup d'intérêt; mais, une autre remarque que j'avais déjà faite a donné à celle-ci beaucoup plus d'importance. J'avais pris cinq dictionnaires de différentes langues, et j'avais additionné tous les mots de 250 pages de chacun de ces dictionnaires. Ensuite, j'avais recommencé l'addition des mêmes 250 pages, mais en comptant seulement les substantifs ou les *noms*; et alors j'étais arrivé à cette constatation curieuse : c'est qu'il y a à peu près deux fois et un tiers plus de substantifs qu'il n'y a de tous les autres mots réunis. De sorte que j'ai pu utiliser cette heureuse coïncidence, en admettant comme principe, et sans apporter aucun trouble par ailleurs, que tous les substantifs de la *Langue internationale commenceraient par une consonne*; et que tous les autres mots *commenceraient par une voyelle*. J'obtenais ainsi, sans inconvénient, une *distinction fondamentale* des plus précieuses.

Maintenant, je pourrai continuer ces explications par quelques courts exemples de composition de grammaire. Je dois vous dire, tout de suite, que la grammaire n'est pas entièrement terminée, le dictionnaire non plus; mais nous y travaillons, sur les bases que vous commencez à voir se dessiner devant vous. Seulement, je nevoudrais pas aller plus vite que mes honorables collaborateurs.

Je vais toutefois vous indiquer certains points assez importants. Je prends, par exem-

ple, le *verbe*, l'*article* : fallait-il admettre, dans cette langue, les *déclinaisons* telles qu'elles existent en latin ou dans d'autres langues? Je ne l'ai pas cru, parce que la déclinaison est incomparablement plus compliquée que l'admission de l'article, et que je peux remplacer les déclinaisons par l'article ; car, si je prends l'article et le pronom personnel pour indiquer et distinguer le substantif, c'est-à-dire pour lui donner le *genre* et le *nombre*, je n'ai plus besoin de faire varier tous les substantifs. Nous avons pris l'article singulier, masculin et féminin, et nous avons fait, aussi, l'article masculin et féminin au pluriel; de sorte que, avec cet article, nous pouvons désigner tous les noms sans les faire varier, au masculin ou au féminin, au singulier ou au pluriel. Pour vous donner un exemple, voici notre article singulier : O, pour le masculin, et C, pour le féminin. Quand vous verrez ce rond O, qui est (*a*), vous saurez que c'est le signe du *masculin;* et quand vous verrez ce demi-rond C, qui est *(é)*, vous saurez que c'est le signe du *féminin*. L'article singulier O (a) veut dire *le* et C (é) veut dire *la*.

Pour le pluriel, nous avons : O⌋ (*as*) et C⌋ (*és*).

O⌋ veut dire *les*, *masculin* ;
C⌋ veut dire *les*, *féminin*.

Si je veux maintenant désigner *le cheval*, *la jument*, *les chevaux*, *les juments* ; vous voyez déjà que, si *cheval* s'appelait \ ᑕ (*cho*), nous aurions :

Le cheval	O	\ ᑕ (a cho).
La jument	C	\ ᑕ (é cho).
Les chevaux	O⌋	\ ᑕ (as cho).
Les juments	C⌋	\ ᑕ (és cho).

Le substantif reste absolument *le même* et invariable, que ce soit cheval ou jument, au singulier ou au pluriel; le nom est donc invariable ; il n'y a de variation que dans l'article, ou le pronom.

Je me suis encore demandé s'il était nécessaire de conserver aussi cette énorme difficulté des multiples *conjugaisons*, devant laquelle pâlissent tous les peuples : Ceux de l'Asie surtout — qui cherchent à apprendre nos langues ? On ne comprend pas, en effet, comment nous pouvons avoir besoin, pour nous exprimer, de faire autant de conjugaisons que nous avons à exprimer d'actions ou de sensations.

D'autres peuples ont trouvé des combinaisons plus simples que les nôtres. Quand j'ai examiné ces moyens, j'ai vu qu'on peut aisément tout conjuguer avec un seul verbe: le verbe *être*. Les conjugaisons des autres verbes ne sont que des complications fâcheuses, et nous pouvons

nous en passer, en en faisant des *adjectifs* verbaux. Par exemple : je marche, *je suis marchant* ; nous voudrions, *nous serions voulant*, *etc.*

Il y avait encore un point très important à résoudre, c'était celui de la composition d'un dictionnaire logique. Quand on examine la façon dont se composent les dictionnaires de toutes les nations, on voit que c'est la fantaisie la plus complète qui a présidé à leur établissement, (comme nous l'avons déjà vu pour l'articulation des consonnes). On voit que partout on a procédé par tâtonnements et que les éléments ont été posés comme au hasard. Ce n'est que plus tard qu'on est arrivé laborieusement à faire un tour de force extraordinaire, en donnant des qualités relativement merveilleuses à des langages qui semblaient n'avoir rien, en eux-mêmes, pour recevoir ces qualités-là.

Dans toutes les langues existantes, le sens et la valeur des racines et des mots sont indépendants des lettres qui les composent.

Dans une langue internationale, au contraire, il peut être précieux et il est nécessaire que le nombre *des lettres*, aussi bien que leur ordre alphabétique, deviennent autant d'indications logiques et précieuses pour reconnaître l'importance et la signification des mots.

Chaque lettre de l'alphabet ayant une prononciation invariable, tant qu'on n'emploie pas les accents, et tous les mots étant nettement distincts les uns des autres, les idées découlant directement du langage et de l'écriture, seront donc nécessairement toujours claires et précises.

La *langue internationale* pourra devenir ainsi, comme me l'écrivait récemment M. Jules Simon dans une intéressante lettre sur ce sujet, un *précieux adjuvant*. Et de plus, bien loin d'être une menace pour les langues actuelles, elle leur fournira, au contraire, le meilleur moyen de pouvoir se comparer les unes aux autres, de faire connaître et de propager tous les chefs-d'œuvre, et de concourir ainsi, en commun, à l'élévation et au bien de l'humanité.

Je ne voudrais pas terminer cet exposé, déjà bien long quoique encore sommaire, sans dire au moins quelques mots des langues vivantes, et sans indiquer les moyens principaux qui devront concourir, le plus efficacement, à l'éclosion, à la propagation, et aussi à la *conservation* d'un langage international.

La première de toutes les nécessités, pour tous ceux qui veulent s'occuper utilement de questions générales si hautes et de l'institution d'un langage international, c'est de se débarrasser de tout sentiment exclusif et relativement étroit de patriotisme et de nationalité. C'est, en un mot, d'attribuer partout et résolument la première place à l'*humanité*. *(Mouvements divers.)*

Il faut surtout que chaque nation comprenne et sente bien qu'on a travaillé pour elle, *en travaillant pour tous* ; et que, dans la mesure

compatible avec la généralisation de l'œuvre, il a été tenu compte de ses aptitudes et de ses besoins particuliers.

La plupart des tentatives qui se sont produites jusqu'ici, avaient exclusivement en vue les rapports et les intérêts *européens*. Mais pour qu'une langue quelconque puisse devenir internationale, il faut nécessairement, aujourd'hui, qu'elle tienne le plus grand compte des immenses agglomérations asiatiques qui représentent, à elles seules, plus de la moitié de la population du globe; il faut enfin qu'elle puisse être acceptée dans *toutes les parties du monde*.

J'ai pu avoir, auprès de quelques sinologues distingués, des renseignements précieux sur le langage et l'écriture des Chinois. Je ne saurais mieux faire, pour vous en donner une idée, que de vous lire quelques courts extraits des notes qui m'ont été écrites, sur ce sujet, par mon ami M. Lemaire, notre ministre plénipotentiaire en Annam et au Tonkin.

M. Lemaire, en assistant à cette séance, a bien voulu y apporter aussi son utile concours en traçant, sur le tableau, tous les caractères chinois que vous y voyez écrits.

« Les Chinois, dit-il, se communiquent verbalement leurs pensées, à l'aide de 420 monosyllabes tels que : ni, ta, ouang, tchoug, von, ai, etc. qui sont invariables, indéclinables, et qui ne se décomposent pas alphabétiquement.

Chacun de ces monosyllabes peut avoir plusieurs centaines de significations : le chinois est donc la langue des *homonymes*. Les monosyllabes s'accouplent par deux et par trois et forment des mots composés.

Le même monosyllabe est représenté, dans l'écriture chinoise, par un hiéroglyphe différent pour chacune de ses significations. Les hiéroglyphes en usage aujourd'hui sont au nombre de 20,000 environ; ils se composent généralement de deux parties : le *radical* et la *phonétique*. Le radical est le plus souvent placé à gauche, parfois à la partie supérieure ou inférieure, mais rarement à droite.

Il y a 214 *radicaux*. Ce sont des caractères qui ont leur signification propre et qui peuvent être employés seuls; mais quand ils entrent dans la composition d'un hiéroglyphe, ils y font l'office de classificateurs.

La plupart des dictionnaires chinois ont pour base les 214 radicaux, que les sinologues appellent aussi des *clefs*. Il y a la clef de la *main*, du *pied*, des *métaux*, des *herbes*, des *habitations*, du *cœur*, de l'*oreille*, de l'*œil*, des *passions*, de l'*homme*, de la *femme*, des *pierres*, des *richesses*, des *maladies*, du *bois*, etc., etc. Tous les caractères chinois ont pu être rangés méthodiquement, dans des dictionnaires, d'après ces 214 radicaux, ou clefs.

Lorsque le radical de la *main* entrera dans la composition d'un hiéroglyphe, celui-ci exprimera généralement une action manuelle. Le

radical du *pied* indiquera la course, la marche, le déplacement du corps. La clef des herbes vous représentera les fleurs, les légumes ; celle du cœur désignera les passions, les sentiments de l'âme, les sensations de peine et de plaisir, etc., etc.

La phonétique est la partie du caractère qui est supposée lui donner le son: mais cette règle est loin d'être invariable.

En résumé, à l'aspect d'un caractère chinois, qui lui tombe pour la première fois sous les yeux, le plus habile *lettré* ne peut guère que présumer sa signification par l'inspection du radical, et sa prononciation par celle de la phonétique ; mais il a besoin, pour être absolument fixé sur l'une et sur l'autre, de consulter un dictionnaire.(*Rires*).

L'écriture chinoise est en usage en Chine, au Japon, en Gorée, aux îles Lieou-Kieou, au Tonkin, en Annam, en Cochinchine. Dans chacun de ces pays les hiéroglyphes conservent leur signification; mais leur appellation varie non seulement de pays à pays, mais, dans chaque pays, de province à province. »

Ce simple exposé, rapproché des caractères écrits que vous avez sous les yeux, est si lucide et si clair, qu'il suffit pour nous montrer que la langue chinoise est une admirable langue passionnelle, sentimentale et poétique, pleine de subtilités et d'interprétations un peu facultatives. Mais c'est aussi une langue permettant, de bonne foi, les plus réelles confusions. En un mot, c'est une langue essentiellement *nationale*, et qui doit rester nationale.

Mais l'inspection même de ces hiéroglyphes, dans lesquels la ligne droite, la ligne courbe et les inclinaisons diverses ont tant de précision et de variété, nous prouve de suite que l'écriture de nos caractères internationaux ne sera qu'un jeu pour les Chinois, et qu'ils les écriront probablement plus vite et mieux que nous.

Quant à nos règles, l'opinion des sinologues que j'ai consultés est que le Chinois les apprendra tout aussi facilement que les Européens, parce qu'elles sont simples et qu'elles procèdent, sous certains rapports, comme les siennes même. Mais il les apprendra facilement, aussi, parce qu'il aime passionnément l'étude et que, comme le Japonais, il est très intelligent.

La seule difficulté réelle que le Chinois éprouvera, comme tous les autres peuples asiatiques, sera dans la prononciation de notre consonne *R*; consonne dont, pourtant, toutes les autres langues ne sauraient guère se passer. Mais cette difficulté est bien loin d'être insurmontable et l'Asiatique la vaincra peu à peu par l'étude; et si, finalement, sa manière particulière de prononcer le *R*, ressemble plus à la prononciation vibrée des chanteurs qu'à la prononciation gutturale de la masse des Européens, personne ne s'en plaindra, et personne n'en sera gêné.

Mais de même qu'on a dit : « Tel père, tel fils. » de même on

pourrait dire, avec plus de vérité encore, « telle langue, tel peuple.»

Cabanis a écrit, sur ce sujet, ces remarquables observations :

« Premier lien des hommes épars, doux fruit des premières relations fraternelles, les langues, après avoir fait et scellé toutes les conventions des peuples naissants, ont confondu de plus en plus les intérêts et les efforts des individus, les ont *dirigés* par une impulsion bientôt indépendante d'eux-mêmes; et se mêlant à tous les détails de la vie publique, et privée, elles ont exercé la plus puissante influence sur toutes les habitudes des sociétés. Partout où les langues étaient bien faites, les progrès de l'état social ont été rapides et sûrs : partout, au contraire, où les circonstances avaient fait adopter un mauvais système de langage et d'écriture, les peuples ont croupi dans l'ignorance ou gémi sous l'oppression [1].

Cabanis reconnaît aussi, comme nous, qu'il faut surtout se défier des *fausses richesses* des langues, et que le plus grand vice des mots est d'être *confus*, *vagues* ou susceptibles de *plusieurs sens*.

Il constate et reconnaît encore que la plus essentielle qualité d'une langue c'est de produire la netteté, la rapidité, l'énergie et la simplicité des impressions diverses qu'elle apporte à l'esprit : impressions qui deviennent elles-mêmes, la cause déterminante et directe de beaucoup d'idées qui, sans elles, n'eussent jamais été produites.

La synthèse et la constitution logique d'une langue rationnelle doivent donc nécessairement, selon nous, procéder du simple au composé, comme l'esprit humain procède scientifiquement du connu à l'inconnu. C'est ainsi qu'on devra sagement s'efforcer de guider les esprits des nouveaux apôtres de la langue internationale, sous la sauvegarde et avec l'appui de la raison, de la logique et de la vérité.

Le projet de la *langue internationale* dont je viens d'indiquer, à grands traits, le mécanisme, les règles et les caractères généraux, sommeillait depuis une vingtaine d'années dans un coin de mon bureau quand j'ai eu, assez récemment, la bonne fortune d'en entretenir M. le Ministre des affaires étrangères. Je lui remis aussi, vers la même époque, un *mémoire* sur un projet d'organisation générale de *commissions internationales* et de *concours généraux* théoriques et pratiques, pendant les grandes fêtes projetées du Centenaire et de l'Exposition de 1889.

M. le Ministre fit un excellent accueil à ces communications, et c'est sur son conseil même que j'adressai mon *Mémoire* sur les concours généraux, à M. le Ministre du commerce.

Pendant un de ces interrègnes, auxquels les hasards de la politique obligent si souvent nos hommes de gouvernement, j'avais déjà parlé à M. de Freycinet de ce projet de langue internationale ; et je lui

(1) Cabanis, *Œuvres complètes* (Firmin-Didot) 1823.

avais aussi demandé son avis sur les moyens propres à obtenir l'appui ou le concours du Gouvernement pour une œuvre si essentiellement humanitaire, qui me paraissait digne de justifier ce concours; et qui devait, en même temps, en bénéficier *dans l'intérêt de tous*.

M. de Freycinet me répondit alors à peu près ceci : Pour que le Gouvernement puisse s'occuper utilement d'une telle question, son utilité *seule* ne suffit pas : il faudrait pouvoir lui imprimer encore un caractère *d'urgence*. Croyez bien que pour tous les hommes qui sont au pouvoir, *le plus grand obstacle à l'utile, c'est l'urgent*. Et il ajoutait, avec son fin sourire : « Et l'urgent n'est pas toujours utile ! »

Depuis plusieurs mois, je considérais mon Mémoire sur l'organisation des concours généraux, comme oublié ou enterré dans les cartons du Ministère du commerce, quand le *Petit Journal* en reçut une copie qui, paraît-il, lui parut intéressante. Sous le titre : « *A propos de l'Exposition* », ce journal publia un extrait de mon Mémoire, dans son numéro du 27 août dernier.

Cet article ne parlait de mon projet de langue internationale, que d'une manière tout incidente ; mais il paraît, toutefois, qu'il a suffi pour attirer au *Petit Journal* un certain nombre de lettres, de ses lecteurs, qui réclamaient des explications complémentaires, et auxquels il voulut essayer de donner satisfaction.

C'est ainsi que je reçus, quelque temps après, la visite d'un des rédacteurs du *Petit Journal*, qui me demanda beaucoup de renseignements et qui prit, séance tenante, des notes nombreuses et très circonstanciées sur mon projet de langue générale.

A la suite de cette visite le *Petit Journal* fit paraître, le 22 septembre dernier, un long article intitulé *La langue universelle*; article répondant à ses lecteurs et entièrement consacré à cette question.

Les lettres et les visites que j'ai reçues, depuis cet article, se comptent par centaines; et j'y ai surtout puisé cette encourageante conviction que si cette grande question humanitaire est encore, pratiquement, bien peu avancée, elle est mûre, tout au moins, dans presque tous les esprits généreux et élevés.

Un premier congrès d'adhérents français et étrangers se forma comme par enchantement; et, dès les premières réunions qui eurent lieu, M. Henri Taupin et M. Peynaud acceptèrent la tâche de s'occuper, avec moi, de la composition immédiate de la grammaire et du dictionnaire, sur les bases que j'ai précédemment indiquées.

On s'occupe activement de ce travail; mais il exige, vous le comprenez, beaucoup de soins. Tout ce que nous pouvons espérer, c'est qu'il soit terminé vers la fin de cette année. Mais ce que nous désirons, surtout, c'est qu'il soit fait dans des conditions générales assez bonnes pour mériter, en 1889, l'approbation de la *commission interna-*

tionale officielle et dûment autorisée, sans laquelle son existence, comme celle de toute autre langue générale, resterait éphémère.

Mais d'ici là, la porte est largement ouverte à tous ceux qui voudront bien, sous notre direction provisoire, se dévouer à l'étude, d'abord, puis à la démonstration et à la propagation du nouveau langage; car il est absolument nécessaire de présenter à la grande commission internationale, des faits acquis, à côté et à l'appui des théories.

C'est pour cela, surtout, que nous devons faire appel à l'aide des puissants, et au concours sympathique de toutes les bonnes volontés, pour grossir le premier noyau des adhérents et des propagateurs de la langue internationale. Nous inscrirons et nous conserverons précieusement *tous les noms* de ceux que l'amour de l'humanité et le sentiment profond et généreux de l'*intérêt général*, disposeront à nous aider dans cette tâche difficile.

L'objectif suprême et nécessaire de tous ceux qui peuvent s'occuper de questions de cette nature, il faut qu'on le sache bien, c'est la *sanction* et la consécration d'une commission internationale régulièrement constituée, et, sans laquelle, rien de durable n'est possible.

Mais, non seulement l'autorité de cette grande commission est nécessaire pour faire admettre et adopter, par les diverses nations étrangères, le langage qui aura été choisi par elle; non seulement elle sera, seule, capable d'en amener la prompte vulgarisation; mais encore, cette même commission devra commencer par proclamer le principe même de sa permanence et de ses réunions périodiques ou facultatives; conditions qui sont indispensables pour éviter à la *Langue internationale* les lacérations arbitraires, aussi bien que pour approuver les perfectionnements qu'elle jugera utiles et pour *conserver* ainsi, à la langue nouvelle, son *unité internationale*.

Maintenant, Messieurs, permettez-moi de vous demander pardon d'avoir retenu, si longtemps, votre bienveillante attention sur un sujet nouveau qui sort un peu du cercle technique dans lequel se renferment habituellement nos discussions.

En tout cas, ce n'est pas sans hésitation que je l'ai fait; et il n'a fallu rien moins, pour m'y décider, que l'enthousiasme réel que j'ai vu se manifester, autour de moi, pour cette grande idée, si généreuse et si essentiellement humanitaire, de l'institution d'une *langue internationale*. Il a fallu aussi toute la bienveillance de notre Président et de notre Comité, ainsi que la confiance que j'ai depuis si longtemps dans votre indulgence et dans vos sentiments de bonne confraternité.

Mais en me faisant aujourd'hui, devant vous, l'humble écho d'une de ces grandes pensées, d'une de ces nobles aspirations fraternelles qui grondent toujours, plus ou moins sourdement, dans tous les cœurs; aurai-je, à mon grand regret, allumé simplement un feu de paille pour éclairer de lueurs incertaines et fugitives... un *fantôme* ?

Permettez-moi d'espérer que vous verrez plutôt, dans cette communication, le premier flot de cette grande marée montante de l'opinion publique qui nous répète chaque jour, et sous toutes les formes que les relations internationales doivent être mises, sagement et progressivement, en rapport avec tous les progrès généraux de la science, du commerce, de l'industrie et de la raison humaine. *(Applaudissements répétés.)*

M. LE PRÉSIDENT. — Si quelques-uns des Membres de la Société ou des personnes assistant à cette réunion avaient des explications à demander à M. Maldant, je leur donnerais la parole.

UN MEMBRE. — On n'a pas songé à la langue hongroise, intermédiaire entre les langues asiatiques et les langues européennes; et, dans cette langue, les consonnes ont un caractère spécial. Pour passer de ce qui est matériel à ce qui est moral, on prend la lettre *s*; la lettre *r* à la signification de la Force; la lettre *n* signifie intérieur. Dans la langue hongroise, on pourrait prendre la signification logique des consonnes. Quant aux voyelles, la langue italienne leur a donné aussi des significations; *o* signifie le masculin; *a* signifie le féminin; vous avez aussi des augmentatifs et des diminutifs. Je suis loin de critiquer ce qu'à fait M. Maldant; au contraire, je voudrais ajouter l'idée hongroise à ce qu'il a fait, pour donner aux consonnes ainsi qu'aux voyelles une signification plus logique.

M. MALDANT. — Je ne crois pas qu'il y ait autre chose à répondre aux observations de notre honorable confrère, que de dire que ces remarques-là doivent être prises en sérieuse considération pour trouver leur place plus tard. Mais, je ne pars pas du même principe que lui. Dans toutes les langues, il y a une classification plus ou moins logique; mais ces classifications ne concordent plus *d'une langue à l'autre;* les distinctions des lettres, si certaines langues les admettent, seront différentes dans les autres langues. S'il y avait unité complète, dans les diverses langues, à ce point de vue particulier, on pourrait tenir un grand compte de cette remarque. Ces observations sont d'ailleurs, toujours excellentes en elles-mêmes, et elles doivent trouver leur place naturelle dans l'ensemble des appréciations des commissions réunies qui s'occupent de la classification et de la règle; c'est-à-dire du dictionnaire et de la grammaire.

M. LE PRÉSIDENT. — M. Maldant me permettra-t-il de lui faire remarquer que nous avions mis comme titre de sa conférence : *Conférence de M. Maldant sur la langue internationale dont il est l'auteur,* — et qu'il avait bien voulu ajouter ce membre de phrase : *Comparaison avec divers autres systèmes.*

M. Maldant sait qu'il y a une tentative qui a fait beaucoup de bruit : c'est le Volapük. Nous serions très heureux s'il voulait bien en dire un mot.

M. Maldant. — Monsieur le Président, j'ai fait tout mon possible pour avoir ici, ce soir, M. Kerckhoffs; je ne sais pas s'il est présent à la séance : s'il est présent, ce serait plutôt à lui de répondre à la question qui vient d'être faite, qu'à moi.

M. Kerckhoffs est le propagateur en France de ce système de langue qu'on a nommée le Volapük et je crois qu'il pourrait donner, à ce sujet, des indications plus complètes que moi-même, puisqu'il en est jusqu'à présent le vulgarisateur dans notre pays.

M. Kerckhoffs. — Je ne demande pas mieux que de donner un exposé du Volapük, seulement, comme l'heure est déjà avancée, je préférerais que M. le Président voulût bien me permettre de le faire un autre jour. Le sujet est d'ailleurs des plus complexes, et ne peut être traité, même superficiellement, en quinze ou vingt minutes de temps. La question doit, en effet, être étudiée à différents points de vue : il y a là à considérer les sons, les signes graphiques qui doivent les représenter, l'accentuation, la grammaire proprement dite et le dictionnaire ou la formation des mots.

J'aurais voulu examiner avec vous le système de M. Maldant, mais le peu qu'il nous en a dit ce soir, ne me permet pas encore de me prononcer, ni dans un sens ni dans un autre.

Je me bornerai à deux petites observations concernant le nouvel alphabet. Les caractères sont des plus simples, il est vrai, mais la très grande simplicité n'est peut-être pas dans le cas présent l'idéal de la perfection; la valeur d'une langue universelle ne doit, ni ne peut être appréciée qu'au point de vue pratique. Vous aurez beau faire une langue universelle plus riche que le sanscrit, plus simple que l'anglais, si elle pèche par le côté pratique, vous ne la ferez jamais adopter. Or, rien que l'introduction dans une langue universelle d'un nouveau système d'écriture peut être un obstacle insurmontable à son adoption par les différents peuples de l'Europe. Il faut un temps relativement long pour se familiariser avec l'écriture des langues dont l'alphabet graphique diffère complètement de celui de notre langue maternelle : nous ne pouvons prendre ici pour point de comparaison les alphabet allemand, russe ou grec, qui présentent la plus grande analogie avec l'écriture latine. J'ajouterai même que les nouveaux caractères sont d'autant plus difficiles à retenir et donneront d'autant plus facilement lieu à des erreurs et à des confusions, qu'ils seront plus simples et différeront moins entre eux. Tel me paraît le cas avec l'alphabet graphique que nous avons là devant les yeux.

M. Maldant nous fait observer qu'il s'agit de plaire avant tout aux Chinois et aux Japonais, qui, à eux seuls, constituent la moitié de la population terrestre.

Je ne puis admettre que les Orientaux aient une si grande horreur de nos caractères latins; je serais plutôt tenté de croire qu'ils donne-

raient la préférence à une écriture et à des caractères dont la connaissance les familiariserait du même coup avec la lecture de tous les noms propres de l'Occident.

Le point essentiel dans la question qui nous occupe n'est pas tant de plaire aux Chinois et aux Japonais que de faire agréer la nouvelle langue aux trois grandes nations de l'Europe : aux Français, aux Anglais et aux Allemands; la langue internationale qu'adopteront ces trois peuples deviendra nécessairement, n'en déplaise aux Orientaux, la langue universelle du monde entier (*Rires*).

L'alphabet de M. Maldant prête encore à la critique quant au choix même de certains sons : l'adoption simultanée des sons français *ch* et *j*, *s* et *z* est, à mon avis, une faute des plus regrettables. Fort peu de peuples ont les deux sons à la fois, les Allemands ni les Anglais n'ont notre *j*; les Allemands ont même les plus grandes difficultés à prononcer notre *s* dur initial. Or, la confusion des consonnes est bien autrement grave que celle des voyelles !

Mais ce ne sont là que des questions secondaires : la grammaire et le dictionnaire sont les seules véritables pierres de touche de toute langue universelle. J'espère que M. Maldant nous mettra bientôt à même de les apprécier. (*Applaudissements.*)

M. Maldant. — Messieurs, je crois avoir quelque chose à répondre à ce qui vient d'être dit par M. Kerckhoffs, et je m'applaudis d'avoir fait tous mes efforts pour l'amener à assister à notre séance, car ses observations ajoutent certainement beaucoup à son intérêt.

M. Kerckhoffs nous a dit qu'il sera beaucoup plus facile pour nous d'écrire nos caractères ordinaires que de prendre des caractères nouveaux. C'est incontestable. Mais il nous dit aussi, comme correctif, que les Chinois, par exemple, qui ne goûteront pas nos caractères, seront bien obligés de faire *comme nous voudrons*. Ici, je demande la permission de ne pas être de l'avis de M. Kerckhoffs : je crois que les Chinois ne feront pas du tout ce que nous voudrons; ils feront au contraire ce qui leur paraîtra juste et logique, ce qui leur paraîtra meilleur que ce qu'ils font.

M. Kerckhoffs nous a dit encore que certaines consonnes avaient des articulations bien rapprochées les unes des autres, le *ch* et le *j*, l'*s* et le *z*, et qu'il y avait certaines suppressions à faire à cet égard. Mais je dirai à M. Kerckhoffs que le Volapük a encore plus de consonnes que nous, et qu'on pourrait lui faire des reproches plus mérités à ce sujet. Mais, je dirai surtout que, dans les réunions de ce Congrès un peu improvisé qui s'est formé comme je l'ai indiqué tout à l'heure, il s'est passé un fait très curieux au point de vue qu'indique précisément M. Kerckhoffs. J'avais présenté la classification que vous voyez là pour les voyelles et les consonnes et pour la formation des mots. Alors les observations de M. Kerckhoffs ont été faites par divers membres de ces réunions.

Dans la première réunion, on proposait de revenir au point d'où j'étais parti il y a 25 ou 30 ans, c'est-dire, simplification des sons et suppression des consonnes qui ont une certaine similitude. En somme, on demandait douze consonnes au lieu de seize.

On a aussi proposé d'adopter un autre ordre pour les consonnes, et de les classer en labiales, dentales, gutturales, puis en douces, fortes, sifflantes, demi-sifflantes, aspirées, etc. Toutes ces classifications ont été faites; elles ont été discutées pendant plusieurs séances, et il est arrivé que, après avoir entendu le pour et le contre sur les différents projets, on a fini par admettre et par conserver la classification qui est là, aujourd'hui, sous vos yeux.

Comme le disait tout à l'heure M. Kerckhoffs, il y a des questions qui ne peuvent pas se trancher en quelques minutes; et si, à un moment quelconque, M. Kerckhoffs veut bien nous faire l'exposé complet du Volapük, je serai enchanté de répondre à un certain nombre de points qu'il a indiqués comme des avantages, et qui m'apparaissent au contraire comme les plus graves inconvénients pour faire jamais du Volapük une langue internationale.

Aujourd'hui, ce serait peut-être entrer dans des considérations bien longues et un peu prématurées; et cependant il me semble que ce ne serait pas bien difficile à démontrer.

M. LE PRÉSIDENT. — M. Maldant veut-il me permettre de lui dire que nous avons ici M. Petiton qui a fait une communication très importante sur le Volapük à l'Association française pour l'avancement des sciences, au Congrès de Grenoble. Je lui donnerais volontiers la parole; il est très au courant de la question, et les personnes qui ne pourront pas assister à une autre séance, emporteront de celle-ci une idée de ce qu'est le Volapük, si M. Petiton veut bien se rendre à mon invitation.

M. PETITON. — Je ne me permettrais pas de parler du Volapük ici; je suis à peine élève de M. Kerckhoffs. Quand je suis allé à Grenoble, il y a deux mois, je ne connaissais pas du tout cette langue ; je l'ai trouvée tellement simple, que je me suis décidé à en parler à Grenoble; et je n'ai pas été le seul de cet avis. Je crois que, dans cette séance, M. Kerckhoffs est plus autorisé que personne à prendre la parole; seulement j'aurais été désireux d'entendre les objections que M. Maldant pourrait faire, s'il a connaissance du Volapük.

M. MALDANT. — Il y en a quelques-unes qui pourraient être faites au pied levé.

Ainsi, le Volapük n'est pas une langue *sui generis* : c'est un mélange d'autres langues, emprunté à l'allemand, au français, à l'anglais. Il prend des racines et des mots de tous les côtés, comme pour essayer de donner satisfaction à chacun ; mais ce n'est nullement un langage rationnel et acceptable pour tous. Je crois que le Volapük, non pas qu'il n'ait pas de qualités remarquables, non pas qu'il ne soit pas une langue

assez ingénieuse, mais je crois qu'il est arrivée à des complications d'une grave importance, et qu'il a eu pour principal objectif, celui de satisfaire tout le monde *(Rires)*. Permettez, tout le monde qui nous entoure, c'est-à-dire, *les Européens*. Mais, quand on est venu dire, tout à l'heure, que cette énorme masse de population, dont je ne vous ai dit qu'un mot, mais qui représente *plus de la moitié* de la population du globe, devra se contenter de la langue qu'on voudra lui imposer et qu'on lui apportera toute faite, je crois qu'on a commis une bien grosse erreur.

M. Kerckhoffs trouve que l'on doit conserver les caractères européens, latins si vous voulez ; car enfin, il y a l'allemand, le russe, et d'autres peuples autour de nous, qui ont des caractères qui ne sont pas comme les nôtres ; mais prenons le caractère latin : croyez-vous que le Chinois, ou que celui qui n'aura jamais appris aucune langue latine ou européenne, trouvera plus de facilité à écrire tous nos caractères compliqués, que ces quatre signes que je vous donne là : (OC I 1)? Demandez le donc aux Chinois, vous verrez ce qu'il diront. Les caractères chinois sont très difficiles à apprendre, mais ils ont absolument tous les éléments et toutes les inclinaisons de ceux que j'ai tracés devant vous. Voici, par exemple un radical chinois, vous voyez que ce radical, qui signifie homme, est composé d'une inclinaison de 45 degrés de gauche à droite, et d'une autre de 45 degrés de droite à gauche. Vous voyez encore, ici, un autre radical entourant une phonétique : ceci indique un royaume. Tout cela est beaucoup plus difficile et plus compliqué que ce que nous faisons ; mais nous pouvons en déduire, en toute assurance, que les *Asiatiques* qui ont l'habitude de faire correctement les courbes et les lignes horizontales, verticales ou inclinées, écriront sans doute les caractères de notre projet de langue internationale, mieux et plus vite que nous-mêmes.

Un Membre. — Je trouve le choix que M. Maldant a fait de la ligne *courbe* pour les voyelles et de la ligne *droite* pour les diverses articulations, très heureux ; mais je lui demanderai pourquoi il a groupé les signes des consonnes suivant l'ordre de l'alphabet français, au lieu de les grouper suivant la ressemblance dans les consonances, comme *p* et *b*, par exemple.

M. Maldant. — Cette observation, comme je l'ai déjà dit, est d'autant plus intéressante qu'elle a occupé deux des séances de notre petit congrès préparatoire.

L'opinion qu'indique en ce moment la personne qui vient de parler est partagée par beaucoup d'autres linguistes. Il a été souvent question de modifier la place qu'occupent les consonnes ; seulement, on est arrivé à faire des objections qui ont paru beaucoup plus sérieuses que l'avantage prétendu qu'il s'agissait d'introduire dans la classification des lettres. La prononciation de toutes les lettres n'est pas, d'ailleurs,

la même dans toutes les langues existantes ; ainsi, par exemple, le *z* dans un certain nombre de langues, se prononce *ts* : et bien ! ce n'est évidemment pas là un son très doux, et pourtant, nous considérons le *z* comme une douce et l'*s* comme une dure. Par conséquent, il est difficile de trouver qu'il y a là une classification rigoureuse, et qui s'impose logiquement *à tous*. C'est pourquoi toutes ces nouvelles classifications n'ont pas été prises en considération ; on a trouvé qu'il était préférable de conserver l'ordre des consonnes, qui est celui de presque tout le monde ; et cela d'autant mieux que les Chinois qui n'ont pas de lettres, eux, puisqu'ils n'ont que des monosyllabes, ne se trouveront gênés par aucune classification.

M. Brull. — Je voudrais demander une explication complémentaire à M. Maldant. Il a cherché à faire, à proposer une langue expéditive, c'est-à-dire, qui pût s'écrire vite et se prononcer facilement. C'est sur le second point, sur la prononciation, que je ne me trouve pas complètement édifié. Si j'ai bien compris, pour parvenir à une écriture rapide ; M. Maldant voudrait composer les mots d'un minimum de lettres ; il a dit que, avec cinq lettres seulement, en groupant dans tous les arrangements possibles les 21 lettres qui composent son alphabet, on pouvait créer facilement 150,000 mots, et que cela répondrait largement à tous les besoins des nations. Je voudrais savoir de M. Maldant comment on pourra prononcer ces assemblages de lettres ; ne faudra-t-il pas en écarter le plus grand nombre que le hasard fournira, comme ne pouvant pas être prononcés ?

M. Maldant : — Il n'y a pas une seule de ces prononciations qui soit difficile, parce que ce sont toutes prononciations de consonnes simples, suivies de voyelles ; ou de voyelles suivies de consonnes. Quand vous avez prononcé *ba bé bi bo bu*, toutes les difficultés sont vaincues ; vous n'avez pas d'autres difficultés dans la prononciation. Prenez un mot de quatre lettres, par exemple un \ (*ch*) et un O (*a*), un / (*d*) et un ᴖ (*o*) ; voilà quatre lettres : cela nous fera \ O /ᴖ (*chado*). Vous voyez que ce n'est pas difficile ; ce sera toujours la prononciation d'une consonne avec une voyelle, ou d'une voyelle avec une consonne : les mêmes sons se retrouveront constamment. Et de plus, il y a ceci d'assez curieux, c'est que malgré cette grande simplicité, il est impossible, absolument, de confondre un mot avec un autre ; parce qu'il n'y a pas d'homonymes ni de synonymes.

M. Brull. — Ce sont donc les syllabes qu'il faut considérer et non les mots ?

M. Maldant. — C'est-à-dire que chaque syllabe se compose généralement de deux lettres, rarement de trois ; de sorte, qu'un mot de quatre lettres se composera de *deux syllabes*. Mais vous avez toujours le son d'une voyelle suivie d'une consonne, ou d'une consonne suivie d'une voyelle ; il n'y a donc pas de difficulté de prononciation.

M. LE PRÉSIDENT. — M. Casalonga a la parole.

M. CASALONGA. — Je voudrais simplement demander à notre collègue, M. Maldant, puisque tout à l'heure il a été question du Volapük, si en même temps il a examiné un autre système bien connu depuis longtemps chez nous et qui est fondé sur l'application des notes musicales : le système Sudre, qui a créé bon nombre d'élèves. Il semble que ce système présente de grandes facilités, puisque le langage serait fondé sur la simple combinaison des notes de la musique. Je crois que, pour que la discussion soit complète, il est bon aussi que nous entendions parler du système Sudre.

M. MALDANT : — Ce système Sudre a été l'objet d'expériences publiques très intéressantes. On a pu voir, en effet, deux personnes très accoutumées, et il faut l'être, à l'exercice de ce langage, et on aperçoit l'une d'elles jouant du violon tandis qu'une autre personne connaissant le langage vous dira : on vient de dire telle chose. L'expérience est très intéressante ; seulement, il faut des oreilles spéciales pour pouvoir saisir ces nuances, et le système de M. Sudre, bien qu'il ait été expérimenté depuis longtemps, n'est pas arrivé à faire beaucoup d'élèves, parce que peu de personnes ont les qualités nécessaires pour pouvoir saisir toutes les nuances musicales, sans faire de confusion.

M. KERCKHOFFS. — Je vais sastifaire M. Casalonga. La langue universelle de Sudre est d'une simplicité qui ne laisse rien à désirer; il n'entre dans la formation des quatre mille mots qui composent son dictionnaire que les sept syllabes de la gamme musicale : *do, ré, mi, fa, sol, la, si*. Eh bien, c'est cette simplicité même du matériel phonétique de la langue qui en constitue le principal défaut ! Habitués que nous sommes à manier des milliers de combinaisons binaires, tertiaires et quaternaires différentes, nous ne pouvons nous reconnaître au milieu de ce singulier assemblage de mots, qui tous semblent avoir le même aspect extérieur.

Je sais bien que Sudre a fait un classement de nos idées en sept groupes, auxquels correspondent autant de *clefs* différentes, mais il y a présidé un esprit d'arbitraire tel qu'aucun principe de mnémotechnie n'y saurait trouver son compte : c'est ainsi que la *clef* de *do*, ou liste des mots commençant par *do*, qui est dite « consacrée à l'homme physique et moral » contient les expressions suivantes, qui seraient tout aussi bien à leur place dans n'importe laquelle des six autres classes : *esprit, pied, verbe, canard, témérité, fromage, richesse, bougie, nord*.

Un autre inconvénient non moins grave résulte de l'extrême pauvreté des syllabes formatives : comme les sept notes se combinent indifféremment entre elles, il est bien difficile d'arriver à une intelligence exacte du texte parlé, dès que la rapidité de la prononciation supprime les intervalles de repos établis par l'écriture entre les différents éléments de la phrase.

Le côté peu pratique du système Sudre ressort particulièrement dans la formation des mots : au lieu d'avoir des *racines* et des *affixes*, les uns représentant l'idée générale, les autres permettant d'en rendre les diverses nuances, il n'a comme le chinois que des mots-racines. Il s'ensuit que non seulement la création de mots nouveaux au moyen d'éléments déjà connus est chose impossible, mais que la traduction d'un terme non encore inscrit dans le dictionnaire est même un problème insoluble.

L'accent, qui dans le langage parlé a une si grande importance, est traité par Sudre avec la plus étrange désinvolture, je dirais presque qu'il lui fait jouer un rôle contre nature : au lieu de tomber sur telle ou telle partie déterminée du mot, comme dans nos langues naturelles, il se promène capricieusement, et cela sous une triple forme, d'une syllabe à l'autre, affectant les consonnes comme les voyelles, et servant à la fois à indiquer les rapports de genre et de nombre, et à distinguer entre eux les substantifs, les adjectifs, les verbes et les adverbes; seul le verbe à l'infinitif est dit ne jamais recevoir l'accent.

Un exemple va vous faire comprendre le procédé de Sudre : *mi-la-re-do*, prononcé sans accent, représente le verbe *railler*; en recevant successivement le rinforzando, comme dit l'inventeur, sur chacune des quatre syllabes, ce même mot va d'abord signifier *raillerie*, *railleur*, *sarcastique* et *sarcastiquement*; en recourant ensuite aux deux autres accents, on lui fait exprimer les notions respectives de genre, de nombre et de temps que peut comporter chaque forme isolée. Un des admirateurs les plus distigués du système Sudre, M. Joseph Vinot, affirme dans la *Science pour rien* (n° 7) que grâce à ces déplacements successifs de l'accent, le mot *mi-la-re-do* peut correspondre à au moins *cent* expressions différentes de la langue française. Vous aurez quelque peine à croire que cet étrange jeu de l'accent constitue aux yeux du commentateur le principal mérite de l'invention de Sudre!

Quant à la grammaire, elle me semble à peine ébauchée : l'auteur a si peu songé aux besoins généraux du langage qu'une seul et même forme, *mi-re*, doit à la fois traduire les différents pronoms et adjectifs relatifs et interrogatifs qui, que, quoi, quel, lequel, etc., et jouer le rôle de signe indicateur du subjonctif. Dans la conjugaison des verbes les idées de temps passé et futur sont rendues par des formules telles que *do-do* et *mi-mi*, auxquelles ne s'attache aucun sens déterminé.

La *langue musicale universelle*, ainsi qu'elle a été appelée par son auteur, n'est autre chose qu'une ingénieuse téléphonie : les diverses commissions de l'Institut et des ministères de la Guerre et de la Marine, à l'examen desquelles elle a été soumise de 1827 à 1864, ne l'ont pas entendu autrement. Les séances publiques que Sudre a données dans les théâtres et salles de concert de Paris, Londres, Bruxelles et Berlin n'ont dû leur succès qu'à la partie musicale du programme ; les spectateurs

étaient émerveillés, et ma foi non sans raison, de voir l'inventeur et l'artiste qui l'accompagnaient se transmettre *à distance* leurs idées au moyen d'un simple violon. Les journaux de Plombières ont même rapporté dans le temps quel fut l'étonnement de Napoléon III, lorsque le compagnon de Sudre répéta textuellement la phrase écrite sur un bout de papier par l'Empereur et jouée ensuite par le conférencier sur son violon, « le premier qui fut roi fut un soldat heureux. »

J'aurais mauvaise grâce à ne pas ajouter que l'invention de Sudre a été jugée digne par le jury international de l'Exposition universelle de 1855 d'une récompense exceptionnelle de 10,000 francs, et qu'elle obtint une médaille d'honneur à l'Exposition de Londres, en 1862.

En résumé, l'invention de Sudre, considérée comme *téléphone musical* me semble aussi simple qu'ingénieuse ; considérée comme *langue universelle*, soit parlée, soit écrite, elle ne me paraît avoir ni valeur linguistique, ni valeur pratique.

M. Level. — Il est clair, d'après ce que nous avons entendu, que le temps est encore loin de nous où M. Jourdain fera de la prose universelle sans le savoir. Mais, d'après ce qu'on nous a dit, je pense qu'il serait bon de consacrer une séance au Volapük, pour nous en faire une idée, car c'est une question très intéressante. Pour ma part, j'estime que M. Maldant a été bien inspiré de terminer par sa conférence cette semaine, où nous avons appris les beaux travaux de M. Pasteur sur la rage, et la réussite des expériences de M. Marcel Deprez au chemin de fer du Nord : je crois que M. le Président pourrait nous dire quelques mots de ces expériences, pour que ce fût consigné au procès-verbal d'une séance comme celle-ci.

M. le Président. — Je ne peux pas répondre au désir de M. Level, n'ayant pas les détails nécessaires pour parler de ces expériences, et n'en connaissant le résultat que par de hâtives et vagues informations. Je me garderai donc bien de m'avancer. Mais, d'après ce que M. Kerckhoffs a bien voulu nous promettre, je crois que nous demanderons à la Société de tenir une réunion supplémentaire, pour achever de nous initier un peu à ces questions de langues universelles.

M. Kerckhoffs, probablement, n'a pas voulu déflorer le sujet, et il tient à le traiter d'une manière complète ; c'est ce que nous le prierons, sans doute, de vouloir bien faire dans une autre séance, M. Maldant fera des objections à son tour, et j'espère que cette seconde séance sera aussi intéressante que la première, de sorte que nous viendrons encore en très grand nombre, pour applaudir, comme je vous demande de le faire aujourd'hui. (*Applaudissements.*)

La séance est levée à onze heures.

Réunion du 13 novembre 1885

PRÉSIDENCE DE M. DE COMBEROUSSE

Conférence de M. KERCKHOFFS.

La séance est ouverte à neuf heures moins un quart.

M. LE PRÉSIDENT. — Mesdames et Messieurs, nous avons eu une très vive inquiétude. Il est arrivé un accident à M. Kerckhoffs, non pas à lui personnellement, mais il a été victime d'un accident de circonstance. Il nous apportait des documents excessivement intéressants, et, entre autres, cent sept lettres venant de personnages considérables, écrites toutes en Volapük, et montrant par expérience que cette langue est facile à apprendre et à appliquer. M. Kerckhoffs a oublié sa serviette dans sa voiture après laquelle il a couru et fait courir inutilements. Je suis convaincu que cette perte lui donnera le même coup de fouet que son cocher trop pressé a donné à son cheval, et que nous y gagnerons au lieu d'y perdre. Je donne la parole à M. Kerckhoffs.

M. KERCKHOFFS prend la parole et s'exprime comme il suit :

Mesdames, Messieurs,

J'éprouve en ce moment un double embarras à venir défendre devant vous la cause de la Langue Commerciale Internationale.

Non seulement je ressens vivement la perte que je viens de faire de notes presque indispensables et d'une collection de documents précieux, que je tenais à mettre sous vos yeux, mais encore je me vois obligé de vous confesser, dès mon début, qu'en me faisant, au sein de votre illustre Société, le champion du Volapük, je vise indirectement à battre en brèche le projet de langue universelle, présenté par un de vos confrères les plus distingués.

Je ne me sens quelque peu à mon aise qu'à la pensée que l'éloquent plaidoyer de M. Maldant, en faveur d'une langue internationale artificielle, a porté la conviction dans vos esprits et donné au moins gain de cause au principe même qui a inspiré l'œuvre que je vais avoir l'honneur de vous exposer.

Je croirais faire injure à votre sens pratique, si je cherchais à excuser l'auteur du Volapük de ne pas être né sur les bords de la Seine : la question de nationalité n'a rien à voir dans une œuvre qui est appelée à rapprocher les peuples et à faire tomber pour un grand nombre d'entre eux les dernières barrières que l'ignorance et les préjugés ont

élevées sur leurs frontières. Nous n'avons donc pas à nous demander, aujourd'hui, lequel des deux, de M. Maldant ou de M. Schleyer a eu la bonne fortune de ne pas naître sur les bords du lac de Constance, mais tout simplement quel est celui des deux qui a su combiner la langue la plus simple et la plus pratique.

Et que je vous dise tout de suite que vous ne vous trouvez plus en présence d'un système qui attend son achèvement de la bonne entente d'une demi-douzaine de collaborateurs ou du concours problématique d'une commission internationale quelconque ! Le Volapük est une langue qui s'écrit, se parle, et s'imprime aux quatre coins de la terre.

En effet, quoique les premières publications de M. Schleyer sur la langue universelle datent à peine de 1881, il existe déjà, de par le monde, 67 Sociétés qui se sont fondées dans le but d'en favoriser la propagation, et cela non seulement en Suisse, en Allemagne, en Autriche, mais en Hollande, en Suède, en Angleterre, en Belgique, en Espagne, même aux Etats-Unis et jusqu'à Beyrouth, en Syrie. J'ai reçu ce matin même la nouvelle de la fondation d'une société de Volapükistes à Madrid : à leur tête se trouve un des médecins les plus connus de l'Espagne.

Nous élaborons en ce moment, à Paris, les statuts d'une Association française pour la propagation de la Langue Commerciale Universelle, dont le Comité de patronage compte un grand nombre d'ingénieurs distingués ; qu'il me suffise de nommer MM. Dormoy et Petiton qui ont défendu si brillamment la cause du Volapük au congrès de Grenoble, M. Max de Nansouty, le rédacteur en chef du *Génie civil*, M. Juclier, ingénieur de la Compagnie des Messageries maritimes de Bordeaux; M. Chevard, de Rochefort;M. Fraval, de Quintin ; M. Jouglet, de Pontavert. Une dizaine de cours publics et gratuits pour l'enseignement de la nouvelle langue vont être ouverts, à Paris, sous les auspices de l'Association française ; plusieurs villes de France, entre autres Marseille, Bordeaux, Rochefort se proposent de suivre notre exemple.

Je publierai en février un annuaire contenant la liste de toutes les personnes d'Europe et d'Outre-mer sachant correspondre en Volapük. Vous y verrez figurer un très grand nombre de maisons de commerce de tous les pays, chez lesquelles les commandes venant de l'étranger, peuvent être faites, dès maintenant, dans la Langue Internationale.

Je me suis également entendu avec quelques professeurs distingués pour faire paraître, dans le courant de l'année prochaine, des dictionnaires et des grammaires à l'usage particulier des Anglais, des Italiens, des Espagnols et des Russes.

J'avais apporté avec moi une centaine de lettres écrites en Volapük que j'ai reçues de tous les pays de l'Europe; je regrette d'autant plus de ne pouvoir les montrer qu'il était dans l'intérêt de la cause que je

défends que l'exactitude de mes affirmations pût être publiquement contrôlée : il y en avait là d'ingénieurs, de professeurs, d'instituteurs, de journalistes, de prêtres, de négociants. Quelques-unes de ces lettres m'ont été écrites vingt-quatre heures après que leurs auteurs avaient commencé l'étude de la langue ; telle est, entre autres, celle de M. Fraval, ingénieur à Quintin; M. Camille Magué, le maire de La Flotte, dans l'île de Ré, ne m'écrit plus, depuis deux mois, que dans la Langue Internationale.

Le Volapük, ainsi que je vais vous le démontrer, ne présente, en effet aucune difficulté : toute personne, douée d'une intelligence moyenne, peut, au bout de trois ou quatre semaines, écrire correctement dans la nouvelle langue. L'épreuve en a d'ailleurs été faite à l'École des Hautes Études Commerciales : huit leçons ont suffi pour mettre les élèves en état de correspondre avec les volapükistes des autres pays de l'Europe.

L'étude de toute langue comporte, comme vous le savez, la connaissance des *sons*, celle de la *grammaire* et celle du *dictionnaire*.

Passons rapidement ces trois points en revue.

ALPHABET. — Le Volapük a les mêmes sons que le français et il emploie comme lui les caractères latins pour les représenter; il n'y a d'exception que pour les lettres *u*, *c* et *z* : le *u* et le *c* sont prononcés à l'italienne et le *z* à l'allemande. Les sons français *è*, *u*, *eu* sont figurés comme suit : *ä*, *ü*, *ö*.

Comme chaque lettre a toujours le même son, il ne saurait y avoir ni difficultés de prononciation, ni difficultés d'orthographe : les mots sont toujours prononcés tels qu'on les écrit, et sont toujours écrits tels qu'on les prononce.

Le principe de l'accentuation est le même qu'en français, l'accent tombe toujours sur la syllabe finale : *penede*, prononcez *pé-né-dé*.

SUBSTANTIF. — Le Volapük n'a qu'une seule déclinaison, qui est la même pour toutes les parties déclinables du discours; en voici un exemple :

N.	*Stud*,	l'étude.
G.	*Studa* ou *de stud*,	de l'étude.
D.	*Stude* ou *al stud*,	à l'étude.
A.	*Studi*,	l'étude.

On forme le pluriel par l'addition d'un *s* : *studs*, *studas* ou *de studs*, *studes*, etc. Quelques personnes trouvent étrange la presence d'un *a* au génitif; d'autres condamnent la double forme du génitif et du datif; quelques-unes s'étonnent même qu'il y ait une déclinaison en volapük.

Les arguments en faveur d'un génitif en *i* s'appuient sur l'analogie du latin; mais on ne songe pas que toutes les langues modernes de l'Europe qui ont une simple voyelle au génitif, et notamment les lan-

gues slaves, ont adopté la lettre *a;* enfin la double forme du génitif et du datif est indispensable, à cause de la difficulté qu'il y aurait à déterminer avec quelque précision quand les prépositions françaises *de* et *à*, ou les prépositions anglaises *of* et *to* correspondent à un génitif et à un datif. Supprimer complètement la déclinaison rendrait bien difficile la formation des noms composés, témoin ce qui se passe dans les langues romanes.

Genre. — Tous les noms sont du genre masculin, à l'exception de ceux qui désignent des êtres du sexe féminin. On forme le féminin, comme en anglais, en préfixant le pronom *of*, elle, au masculin :

Flen, ami; *of-flen*, amie. *Blod*, frère; *of-blod*, sœur,

Adjectif. — L'adjectif se forme du substantif par l'addition de la désinence *ik;* il reste toujours invariable.

Dol, douleur;	*dolik*, douloureux.
Fam, gloire;	*famik*, glorieux.

On forme l'adverbe en ajoutant un *o* à l'adjectif :

Doliko, douloureusement; *famiko*, glorieusement,

Le comparatif et le superlatif sont formés à l'aide des adverbes *um*, plus, *ün*, le plus, ajoutés au positif :

Famikum, plus glorieux; *famikün*, le plus glorieux.

Noms de nombre. — Les noms de nombre sont les suivants (on remarquera que les dizaines sont formées des unités par la simple addition d'un *s*) :

1.	*Bal.*	10.	*Bals.*
2.	*Tel.*	20.	*Tels.*
3.	*Kil.*	30.	*Kils.*
4.	*Fol.*	40.	*Fols.*
5.	*Lul.*	50.	*Luls.*
6.	*Mäl.*	60.	*Mäls.*
7.	*Vel.*	70.	*Vels.*
8.	*Jöl.*	80.	*Jöls.*
9.	*Zül.*	90.	*Züls.*
100.	*Tum.*	1000.	*Mil.*

Les adjectifs numéraux se forment par l'addition des désinences *id* et *ik* :

Balid,	premier.	*Balik*,	simple.
Telid,	deuxième.	*Telik*,	double.
Kilid,	troisième.	*Kilik*,	triple.

Pronom. — Les trois pronoms personnels sont : *ob*, je ; *ol*, tu ; *om*, il; ils se déclinent comme les substantifs.

Ob, *obs*, je, nous.
Ol, *ols*, tu, vous.
Om, *oms*, il, ils.

Les adjectifs possessifs sont formés des pronoms par l'addition de la désinence *ik* :

Obik, *obsik*, mon, notre.
Olik, *olsik*, ton, votre.
Omik, *omsik*, son, leur.

Les pronoms démonstratifs *ce*, *celui-ci*, *celui-là* se traduisent par *at* et *et;* le premier sert pour les objets rapprochés, le second pour les objets éloignés.

Tab at e stul et, cette table-ci et cette chaise-là.

Le pronom interrogatif *qui* se traduit par *kim; quel* et *lequel* se rendent par *kiom*.

Kime penols?, à qui écrivez-vous?.
Püki kiom studols?, quelle langue étudiez-vous?.

Le pronom relatif *qui* se traduit par *kel :*

Pük keli studob, la langue que j'étudie.

Verbe. — Le radical du verbe est généralement un substantif. L'infinitif se termine toujours en *ön;* les personnes sont marquées par les pronoms personnels ajoutés au radical ; les divers temps sont caractérisés par des augments.

Stud, étude ; *studön*, étudier ; *spel*, espoir ; *spelön*, espérer.

Indicatif présent :

Studob, *studobs*, j'étudie, nous étudions.
Studol, *studols*, tu étudie, vous étudiez.
Studom, *studoms*, il étudie, ils étudient.

Divers temps :

Imparfait . . . . *ä*	*studob*,	j'étudiais.
Parfait . . . . . *e*		j'ai étudié.
Plus-que-parfait . *i*		j'avais étudié.
Futur présent . . *o*		j'étudierai.
Futur passé . . . *u*		j'aurai étudié.

Ces différents *augments* servent également à la formation des adverbes de temps : *adelo*, aujourd'hui; *ädelo*, hier; *edelo*, avant-hier; *odelo*, demain; *udelo*, après-demain.

On forme le conditionnel et l'impératif au moyen des désinences *öv* et *öd* ajoutées aux temps de l'indicatif :

Ästudob-öv, j'étudierais;
Istudob-öv, j'aurais étudié.
Studols,-öd, étudiez.

Il n'y a à proprement parler, pas de subjonctif en volapük, l'impératif y suppléant là, où l'emploi de ce mode paraît indispensable aux Français.

Quant à l'interrogation, elle est marquée, comme en russe, par le préfixe *li* (est-ce-que):

Li-studols volapüki?, étudiez-vous le Volapük?.

Adverbe. — Voici une liste des principaux adverbes :

Si, oui;	*Is*, ici;	*Lino*, autour.
No, non;	*Us*, là;	*Sun*, bientôt.
Vemo, très;	*Ino*, dedans;	*Nu*, maintenant.
Liko, comment;	*Seo*, dehors;	*Poso*, après.

Préposition : Les prépositions sont toujours suivies du nominatif :

Al, à;	*Fa*, par;	*Nen*, sans.
De, de;	*In*, dans;	*Su*, sur.
Du, durant;	*Jü*, presque;	*Ta*, contre.

Conjonction. — Les principales conjonctions sont les suivantes :

Ab, mais;	*Do*, quoique;	*Ni*, ni.
Bi, comme;	*I*, aussi;	*U*, ou.
E, et;	*Ibo*, car;	*Ven*, lorsque.
Dat, afin que;	*If*, si;	*Yed*, cependant.

Construction. — La construction en Volapük se résume dans ce principe général que le *déterminé* doit toujours précéder le déterminant. Il en découle les trois règles suivantes : 1° l'adjectif suit le substantif; 2° le sujet précède le verbe; 3° le complément ou l'attribut se place après le verbe.

Doms at smalik lönoms blode obik;

Ces deux petites maisons appartiennent à mon frère.

Dictionnaire. — Un dictionnaire complet doit contenir au moins cent mille mots; celui de M. Schleyer n'en compte encore que 13,000; il

sera complété dans un prochain avenir. Grâce, cependant, à la faculté que possède le Volapük de créer, avec les ressources de son propre fonds, des mots nouveaux, intelligibles pour tous et ne donnant lieu à aucune ambiguité, la nouvelle langue se prête, dès maintenant, à toutes les exigences d'une correspondance internationale.

Les *radicaux* sont généralement des substantifs; ils ont été empruntés aux diverses langues romanes et germaniques, mais principalement à l'anglais et au français.

Voici quelques mots empruntés aux langues romanes:

Dol (dolor), douleur; *Lug* (lugs), deuil.
Flum (flumen), fleuve; *Pag* (pagus), village.
Fug (fuga), fuite; *Stel* (stella), étoile.

Mots empruntés aux langues germaniques:

Beg (tobeg), prière; *Smal*, (small), petitesse.
Ket (kètte), chaîne; *Smok*, (smoke), fumée.
Nef (neffe), neveu; *Tim* (time), temps.

Les mots *dérivés* sont formés de substantifs radicaux avec le secours de suffixes et de prefixes; chaque partie du discours a ses affixes propres.

Parmi les suffixes des substantifs, les uns servent exclusivement à former des noms d'êtres vivants, tels sont: *al, an, el;* d'autres forment des noms concrets de choses, comme *ab, ad, at, in;* enfin d'autres encore, comme *äl, am, av,* forment des noms abstraits.

Comme le procédé de dérivation est toujours le même en Volapük, comme l'adjectif, le verbe et l'adverbe y sont régulièrement formés du substantif et ont invariablement la même terminaison, il suffit en quelque sorte d'apprendre quelques centaines de substantifs et une trentaine d'affixes pour connaître tous les mots du dictionnaire.

Voici un exemple de dérivation fourni par le radical *pük*, langue.

Pük, langue; *pükik*, qui a rapport à la langue; *pukön*, parler.
Pükat, discours; *pükatil*, petit discours; *pükatön*, prononcer un discours.
Pükav, philologie; *pükavik*, philologique.
Püked, sentence; *pükedik*, sentencieux.
Pükel, orateur; *pükelik*, oratoire.
Püköf, éloquence; *pükofik*, éloquent; *pükövav*, art oratoire, *pükövavik*, qui a rapport à l'art oratoire.
Pükot, causerie; *pükotik*, loquace, *pükotöf*, loquacité.

Chacun de ces dérivés peut, à son tour, jouer le rôle de radical et

former, au moyen des préfixes, toute une série de nouveaux dérivés : *Bipük*, préface ; *dːpük*, contestation ; *gepük*, réponse ; *lepük*, affirmation ; *lupük*, bavardage ; *nepük*, silence, etc.

Ce que je viens de vous exposer, Messieurs, n'est certes pas la grammaire tout entière, mais c'en est toujours la bonne moitié ; le reste est l'affaire d'une heure d'étude. En tous cas vous en savez, dès maintenant, assez pour pouvoir vous rendre compte du texte qui suit :

Plofeded literat äliladom vönoin klad funapükati de Fléchier su Turenne.

Mayed stüla e subim tikas älegäloms julelis valik, a bal de oms äsagom kofiko nilele omisk : « Kiüp okanol mekön pükati sumik ?. » — « Ven obinol Turenne, » votik ägesagom.

Un professeur de littérature lisait un jour en classe l'oraison funèbre de Fléchier sur Turenne.

La majesté du style et l'élévation des pensées ravirent tous les élèves, et l'un d'eux dit ironiquement à son voisin : « quand pourras-tu faire un discours pareil ?. » — « Lorsque tu seras Turenne, » répondit l'autre.

***

Un grave reproche a été adressé à M. Schleyer, au sujet du caractère essentiellement synthétique de ses formes grammaticales. Quelques linguistes font, en effet, observer que le développement de l'esprit humain se fait dans le sens de l'analyse, et ils citent à l'appui de leur thèse l'exemple de toutes les langues modernes de l'Europe et de l'Inde.

J'avoue que telle a été également ma première opinion, mais une étude plus attentive de la grammaire m'a convaincu qu'une forme moins synthétique en aurait considérablement augmenté les difficultés ; d'ailleurs, l'objection que je viens de rappeler, et qu'on retrouve sous diverses formes chez les philologues, comme chez les philosophes, est au fond plus spécieuse que fondée.

La forme analytique de nos langues modernes est le produit, non d'une certaine tendance de l'esprit vers telle ou telle forme extérieure de la pensée, mais l'effet du simple déplacement de l'accent tonique, ou, pour parler plus clairement, de la perte en intensité de l'accent secondaire au profit de l'accent principal.

Quelques personnes pensent qu'il ne sera guère facile d'arriver jamais à une prononciation uniforme du Volapük, et elles craignent que les communications directes entre individus de nationalités différentes ne soient par là même rendues impossibles.

Je ferai observer que l'uniformité de prononciation n'existe au sein d'aucune langue, aussi peu pour les indigènes que pour les étrangers : les Français de Lille prononcent tout autrement que ceux de Bordeaux, et l'allemand de Munich sonne presque comme un dialecte étranger aux oreilles d'un Hambourgeois. Or, ces différences n'empêchent

nullement Français et Allemands de s'entendre parfaitement entre eux. Il en sera de même de la diversité d'intonation que pourra affecter, chez quelques peuples, la prononciation de trois ou quatre lettres de la Langue Internationale et notamment des voyelles *ä* (= è), *ö* (= eu), *ü* (= u).

Avant de terminer je ne puis m'empêcher de vous faire part de certaines appréhensions que m'a fait éprouver, à votre dernière séance, la communication de M. Maldant.

Il nous a avoué avec une franchise qui l'honore et dont les hommes d'un mérite réel sont seuls capables que, tout en travaillant depuis vingt ans à son système de langue universelle, il n'en était encore arrivé qu'à se mettre d'accord avec ses collaborateurs sur le nombre de lettres que doit composer son alphabet et sur les signes qui doivent les représenter.

Mais ce n'est là que le commencement du commencement : il lui reste à élaborer sa grammaire et son dictionnaire, travaux bien autrement difficiles que la détermination de quelques signes graphiques; et encore ces derniers les a-t-il empruntés à la langue universelle de l'abbé Sotos Ochando.

N'y a-t-il pas lieu de craindre que ni vous ni moi ne voyions jamais la fin de cet enfantement si laborieux? De quel droit pourrions-nous engager à la patience la jeune génération qui s'élève autour de nous, alors que rien ne nous autorise encore à émettre le moindre jugement favorable sur la valeur du nouveau système?

M. Maldant ne peut m'en vouloir de mon scepticisme. Les affirmations de ses amis nous ont déjà ménagé une singulière déception : alors qu'ils faisaient annoncer par la voie des journaux que grammaires et dictionnaires étaient à l'impression, l'auteur nous a déclaré ici-même, il y a quinze jours, qu'il n'avait pas encore arrêté le plan de sa conjugaison.

Je sais bien que M. Maldant, dans le but de hâter l'achèvement de son œuvre, s'est entouré de quelques collaborateurs distingués. Mais c'est cette collaboration même qui m'inspire les plus vives appréhensions : il me semble, en effet, que c'est se méprendre singulièrement sur ce qui constitue l'essence même d'une langue que de se figurer que c'est là un travail qui puisse être fait à plusieurs.

Dans aucune œuvre humaine l'unité de conception n'est plus nécessaire que dans la création d'un idiome artificiel : on ne fait pas plus une langue à cinq ou à six qu'on ne s'associe pour composer un poème épique ou un système de philosophie.

M. Maldant s'efforcera tout à l'heure de calmer notre juste et légitime impatience; d'autres après lui viendront également vous assurer qu'eux ou leurs amis tiennent à votre disposition la réalisation du rêve de Descartes et de Leibnitz! Mais c'est le langage que deux ou trois douzaines de penseurs illustres et convaincus nous ont déjà tenu depuis

le XVII[e] siècle : leurs amis les ont crus un instant sur parole, et chaque fois la plus cruelle déception les a attendus!

Aujourd'hui, pour la première fois, nous nous trouvons en présence d'une langue qui vient de faire ses preuves au grand jour et devant l'aréopage des savants et des lettrés des principales nations de l'Europe.

Il me semble, Messieurs, que cette fois-ci la sagesse humaine doit vous engager à ne pas attendre jusqu'à demain pour juger, conclure et agir. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT. — Nous avons parmi nous le général Tcheng-Ki-Tong, qui, comme l'a très bien dit M. Kerckhoffs, est un des représentants les plus distingués de l'Empire Chinois. M. Maldant avait fondé l'emploi de ses caractères sur cette idée généreuse de faire participer plus facilement les peuples de l'Orient à la langue universelle, et il lui avait semblé que le système des hiéroglyphes se rapprochait plus facilement des caractères qu'il employait que les caractères européens, dont M. Kerckhoffs vient de nous faire l'éloge. Je crois qu'il est naturel, puisque nous avons le plaisir de posséder le général Tcheng-Ki-Tong parmi nous, de nous en rapporter à son opinion; personne mieux que lui ici ne connaît le chinois (*applaudissements*), et ne peut mieux juger de la valeur de l'argument de M. Maldant. Si le général nous disait qu'il penche un peu vers le système de M. Maldant, notre confrère pourrait s'en prévaloir. Si le général veut bien prendre la parole et nous éclairer à ce sujet, nous lui en serons très reconnaissants.

M. LE GÉNÉRAL TCHENG-KI-TONG. — Mesdames et Messieurs, puisque M. le Président a bien voulu me demander mon opinion, je vais lire une petite note que j'ai préparée à la hâte, lorsque j'ai reçu son aimable invitation, ce matin, c'est-à-dire trop tard pour faire mieux.

En prenant part à cette discussion si intéressante à tous égards, je n'ai que l'intention de vous donner l'opinion d'un Chinois sur la délicate question qui vous occupe. Je ne suis pas assez présomptueux pour espérer vous apporter une solution.

Mais comme vous cherchez dans l'immense magasin des merveilles qui sont encore à découvrir, la langue universelle, et comme à titre de collègues de la même société humaine nous ne pourrons pas ignorer cette langue, puisqu'elle sera universelle, il m'a semblé que vous auriez, après l'honneur que vous m'avez fait de m'inviter, la bienveillance et la courtoisie de m'écouter un instant sur ce sujet. (*Bravo! Bravo! Applaudissements.*)

Je désire d'abord vous faire connaître mon opinion.

Je suis un fervent partisan de l'admirable progrès que vous cherchez à réaliser; et j'ajouterai que c'est une pensée heureuse et ingénieuse aussi que celle qui vous a conduits, vous Ingénieurs, à vous préoccuper de cette découverte. Je crois que le siècle qui vient sera

Société en insistant bien sur ce point que, dans tout ce qui va suivre, il n'y aura jamais en jeu que des théories et des idées opposées, et que, même quand je me verrai forcé de citer des noms, je n'aurai nullement l'intention de faire des personnalités .

Le besoin d'une langue universelle paraît préoccuper deux catégories de personnes : d'abord les théoriciens qui croient arriver par là à supprimer les barrières qui existent entre les peuples, M. Maldant est de ceux-là : il nous a nettement dit qu'il ne parlait pas pour les personnes imbues de *ces idées étroites de patriotisme et de nationalité, mais pour celles qui mettent, bien au-dessus de ces petites questions, l'amour de l'humanité.*

M. Maldant. — Je demande la parole.

M. Auguste Moreau. — Une autre catégorie au contraire, est composée de gens pratiques, qui disent : nous voulons faire des échanges, nous voulons faire du commerce, nous voulons comprendre tout le monde, être facilement compris par tous ; par conséquent il nous faut une langue commune pour realiser ce désidératum. Nous savons très bien que nous ne supprimerons ni les nationalités ni les frontières, mais nous aurons déjà réalisé un grand progrès en créant un idiome au moyen duquel tout le monde pourra facilement s'entendre.

Je m'occuperai d'abord des premiers. J'avoue que l'humanité m'intéresse d'une façon assez secondaire. Je suis de ceux qui pensent que chacun de nous doit répandre la dose d'affection que lui a léguée le Créateur sur sa patrie, sa famille et ses amis; s'il lui en reste alors. il peut rationnellement en faire bénéficier l'humanité, et encore à la condition qu'elle lui soit rendue ; ce à quoi l'humanité n'a guère habitué la France depuis la guerre de 1870! *(Bravo! Applaudissements.)*

Or, depuis les cruels événements de cette époque, devant l'attitude dédaigneuse ou hostile du monde entier, les Français sont en grande partie guéris de ces idées de fraternité à outrance et sans aucun retour, qui leur ont toujours fait jouer le rôle de dupes, et les ont le plus souvent livrés, désarmés ou affaiblis, aux coups de leurs ennemis!

Certes, il serait fort désirable qu'il n'en fût pas ainsi! mais il faudrait pour cela que les hommes, fussent exempts de passions, d'intérêts, de besoins; qu'il n'y eût ici-bas aucune lutte pour l'existence, en un mot que nous vivions dans une sorte d'âge d'or avec des hommes parfaits! Non seulement nous en sommes loin, mais cela n'arrivera jamais parce que cela est profondément contraire à la nature humaine. La guerre sera donc de tous temps une malheureuse nécessité, et le mieux qu'on ait à faire c'est de s'y préparer constamment et le mieux possible. Les frontières seront toujours indispensables ; lorsqu'elles ne seront pas hérissées de difficultés naturelles, il faudra les bien fortifier. Et quant à soumettre les conflits à une sorte de tribunal suprême, on peut se demander comment serait composé ce tribunal, quelle garantie l'on

aurait de son impartialité et quelle est la gendarmerie qui en ferait exécuter les sentences?

J'insiste avec d'autant plus d'énergie pour combattre ces utopies qu'elles constituent un très grand danger et forment pour un peuple l'élément le plus énervant et le plus dissolvant qu'on puisse rêver.

Comment obtenir, en effet, d'un citoyen, en admettant même qu'il soit courageux, qu'il combatte avec la vigueur et la volonté voulues l'ennemi de son pays, alors qu'il marche avec cette arrière-pensée que le patriotisme est un sentiment absurde, qu'il est le jouet d'un empereur, d'un roi ou d'un président encore arriéré par rapport aux idées de progrès et que le soldat qu'il va trouver en face de lui est un frère, homme comme lui et méritant tous ses égards? Cela nous a été d'autant plus funeste, à nous Français, que grâce à notre nature généreuse jusqu'à l'ingénuité, on nous a toujours fait facilement tomber tête baissée dans toutes ces mauvaises plaisanteries, alors que nos adversaires étaient loin d'être animés d'aussi fraternelles intentions et profitaient cruellement de ces indécisions, pour nous écraser! *(Bruit.)*

M. Maldant. — J'ai demandé la parole.

M. Auguste Moreau. — Je le répète, nous ne faisons pas de personnalité; mais nous ne pouvons pas laisser dire, sans protester, que le patriotisme est un sentiment étroit; nous ne pouvons pas laisser passer, par-dessus les questions de patriotisme, les questions d'humanité. *(Mouvements divers.)*

M. Cotard. — Permettez-moi de vous demander si vous parlez en votre nom ou au nom de plusieurs.

M. Auguste Moreau. — Je dis *nous*, comme on le dit ordinairement par bienséance, mais je parle en mon nom seul quoique certain de ne pas être seul à penser de la sorte. Il n'y a aucune considération politique qui puisse faire que des raisons qui sont des utopies ne restent pas des utopies. — Tout cela était un peu plus développé dans le texte que j'avais préparé mais je ne veux pas fatiguer l'Assemblée en entrant dans plus de détails; ce que j'ai dit sera imprimé et lu, à côté de ce qui a été dit en sens contraire; c'est tout ce... que... *nous*... désirons. (*Bruit.*)

Je conclus donc que toute tentative de langue universelle qui voudrait englober l'humanité tout entière est fatalement vouée à l'avortement parce que le principe en est absolument erroné.

Que si au contraire, l'on se borne, sans vouloir supplanter les langues actuelles, à propager simplement une langue pouvant servir commodément aux échanges de tous, la question peut-être ainsi très sérieusement examinée et a parfaitement sa raison d'être.

La vérité sous ce rapport est certainement avec M. Kerchoffs, disant qu'il est absolument superflu de se préoccuper de ce que peuvent penser à ce sujet les Hottentots ou même les Chinois, et qu'il suffit de satisfaire les peuples les plus civilisés ou plutôt ceux dont

les langues sont les plus répandues, et qui font le plus d'échanges de toutes sortes.

On aura déjà obtenu ainsi un résultat important, et les autres peuples suivront de près ou auront à souffrir de leur isolement volontaire.

Je ne suis plus cependant d'accord avec M. Kerchoffs lorsqu'il s'agit du choix des langues mères. J'ai en effet parcouru les deux Amériques à un âge encore tendre où les impressions reçues sont profondes et durables, et j'en connais bien le génie et l'atmosphère. Mais, sans même y être allé, tout le monde sait que la moitié environ du nouveau monde et de l'Océanie colonisée parle l'anglais et l'autre moitié l'espagnol ou le portugais.

Et dans toutes ces contrées, sans exception, comme d'ailleurs chez tous les peuples d'Europe, toutes les personnes instruites, lettrées et ayant reçu une instruction et une éducation tant soit peu sérieuses apprennent le français. (*Mouvement.*) Mais on a beau chercher, nulle part on ne parle l'allemand, si ce n'est en Allemagne!

Les émigrés allemands, il est vrai sont très nombreux, et c'est par centaines de mille qu'ils s'en vont chaque année peupler le nouveau monde. Il faut croire que, malgré leurs récentes victoires, l'amour du métier militaire n'a pas encore passionné à ce point les Allemands, que bon nombre d'entre eux n'éprouvent le besoin d'aller dans des contrées plus hospitalières, respirer un air meilleur et exempt de punitions corporelles. Mais dans tous les cas, l'émigré allemand est celui qui prend avec le plus de facilité les mœurs et coutumes des pays où il se trouve et l'usage de la langue allemande ne va jamais au delà de la seconde génération : en un mot elle ne fait jamais souche et nulle part on ne la voit vraiment implantée et parlée d'une manière générale. L'Allemand en s'expatriant, perd rapidement et très aisément sa nationalité, en même temps que toutes les traditions de la mère patrie : il diffère, en cela, complètement de l'Anglais et du Français.

Une langue universelle conçue impartialement ne se serait donc nullement préoccupée de l'allemand, dont personne n'a besoin. Les Français seuls cependant doivent en faire l'objet d'une étude approfondie et pour cause!

Mais il serait vraiment trop fort d'en vouloir imposer, mêmes les racines, dans une langue ayant la prétention d'être universelle.

Je crois en somme que, si une langue internationale est réellement utile, il serait préférable, de beaucoup, de voir se propager une des langues vivantes actuellement existantes, celle qui est parlée, dès aujourd'hui, par le plus grand nombre de personnes chez tous les peuples civilisés. D'après ce qui a été dit plus haut, on ne peut donc

hésiter qu'entre l'anglais, le français et l'espagnol dont le portugais n'est qu'une variante.

Pour ces deux dernières langues, elles peuvent facilement être remplacées l'une par l'autre à cause de leur génie commun, de leur même origine et du grand nombre de mots analogues qu'elles présentent. *(Bruit).*

Une voix. — *Plus de Pyrénées!*

M. Auguste Moreau. — Nous pensons cependant très impartialement que le français doit être préféré, non seulement à cause de sa clarté et de sa précision exceptionnelles mais surtout et aussi à cause de son manque absolu d'accent : ces intonations plus ou moins chantées que prennent les autres langues constituant, en effet, une difficulté énorme pour les parler et surtout pour les comprendre. Cela est tellement vrai, que bien des personnes lisent à livre ouvert certaines langues étrangères et qu'il leur est impossible d'en comprendre le premier mot prononcé par un indigène avec l'accent national.

Restent donc en présence le français et l'anglais. La comparaison est peu soutenable pensons-nous, si l'on recherche les qualités des deux langues rivales. Il faut reconnaître cependant, que l'anglais est déjà, en grande partie, la langue des affaires et du commerce : si l'on veut adopter une langue exclusivement destinée à la catégorie des trafiquants, c'est certainement l'anglais qui doit avoir la priorité.

Mais, si l'on veut satisfaire à tous les besoins intellectuels et matériels, à tout ce qui a trait à l'intelligence, à l'esprit, au goût en même temps qu'aux besoins commerciaux, il n'y a pas d'hésitation, le choix est tout indiqué dans le français. *(Interruptions, bruit.)*

En dehors de ses belles qualités, le français est actuellement la langue qui est étudiée par le plus de sujets dans le monde civilisé : ce qui fait tomber d'ailleurs les objections relatives à la difficulté de la grammaire, des verbes, de la syntaxe, etc. Ces objections ne seraient fondées que si l'on voulait apprendre une langue absolument inconnue et nouvelle à beaucoup de gens : elles tombent si l'on choisit une langue que tout le monde cultive déjà par goût à l'avance. Nous sommes donc convaincu que la langue internationale doit être le français! *(Applaudissements.)*

Oui, on aura beau faire et imaginer de toutes pièces des langues destinées à faire échec au français et à en empêcher la propagation on échouera complètement dans cette entreprise parce qu'on ne s'oppose pas à la marche de la vérité. Le Français sera quand même et malgré ses ennemis, la langue de toutes les transactions et de tous les échanges; et cela sera d'autant plus vrai, que l'instruction se développera, que les masses seront plus éclairées et que le niveau intellectuel montera partout, car alors on désirera de plus en plus partout apprendre le français. Enfin, si nous jetons les regards loin de notre horizon

vers une époque qui est peut-être assez rapprochée, nous pouvons affirmer que, par ses qualités brillantes et ses nombreux chefs-d'œuvre, le français est appelé à remplacer ou à accompagner le latin dans toutes les éducations honorables, comme aujourd'hui le latin remplace ou accompagne le grec dans les mêmes circonstances. *(Bravo! Bravo! — Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT. — Il ne faut pas oublier, Messieurs, pour bien comprendre les paroles de M. Auguste Moreau, qui ont suscité tout à l'heure un petit mouvement dans certaines parties de l'assemblée, qu'il existe aujourd'hui, fondée depuis très peu de temps, une Société très importante, pour la propagation de la langue française. *(Vifs applaudissements.)* On a senti, en France, que la langue était un instrument si important de civilisation et d'influence, qu'il ne fallait pas le laisser aller à la dérive.

On a vu que les Anglais faisaient des progrès inouïs, à ce point de vue de la vulgarisation de leur langue, que les Allemands marchaient sur leurs traces, et il est permis à un patriote de se dire : Mais où allons-nous? Il y a deux siècles, la langue la plus répandue était le français, pourquoi n'essaierions-nous pas de remonter le courant? M. Auguste Moreau n'a pas voulu dire autre chose. *(Très bien! Applaudissements.)* Il n'a pas voulu attaquer les efforts des savants et des hommes généreux qui cherchent à aller plus loin ; il ne faut pas laisser la jeune génération souffrir comme nous avons souffert pendant vingt-cinq ans, il faut chercher à remonter à la surface. Si l'Assemblée n'a pas bien compris le sens des paroles de M. Auguste Moreau, je la prie instamment de vouloir bien se rappeler ce que le général Tcheng-Ki-Tong nous a dit tout à l'heure, avec grand sens ; — Où est le dieu du monde, aujourd'hui? — Il a dit : — Ce n'est pas l'amour, c'est l'intérêt. — Où est l'intérêt? — C'est d'avoir une langue propre à tous les usages, claire et forte, et de la répandre parmi ceux qui ne la parlent pas encore. Si la langue française ne peut pas devenir la langue universelle, faut-il au moins la défendre et tâcher de la propager! (*Bravo ! Bravo ! Vifs applaudissements.*)

Je donne la parole à M. Maldant, très attaqué, et qui va, je l'espère, répondre aux observations qui viennent d'être présentées.

M. MALDANT. — Je demande à dire un seul mot maintenant; je parlerai tout à l'heure sur la communication de M. Kerckhoffs. Je tiens surtout à bien préciser le sens de l'espèce de reproche immérité qui m'a été adressé par un de nos collègues, quand il a dit que j'avais qualifié le patriotisme de sentiment étroit. — Jamais je n'ai exprimé cette opinion, et notre collègue s'est absolument trompé en me prêtant des pensées pareilles.

J'ai dit ceci : c'est que, lorsqu'on veut faire quelque chose d'universel, d'humanitaire, quelque chose *pour tous*, il faut savoir placer l'humanité

avant même ce grand sentiment que j'appelle le patriotisme. (*Très bien! Applaudissements.*)

M. Auguste Moreau. — Je suis heureux de la protestation de M. Maldant. J'avais entendu, dans sa dernière communication, que, quand on veut faire quelque chose pour l'humanité, il faut se mettre au-dessus de ce sentiment étroit du patriotisme.

M. Maldant. — J'ai dit *relativement* étroit par rapport à l'humanité : voyez, au besoin, le *manuscrit* que j'ai remis à M. le Président.

M. le Président. — M. Gassaud à la parole.

M. Gassaud.— Quoique je n'aie pas demandé la parole sur le Volapük, mais bien sur la Conférence de M. Maldant, je présenterai, toutefois, quelques observations sur ce qui a été dit par M. Kerckhoffs, et spécialement sur la petite notice et annonce de librairie, qui nous a été remise à notre entrée dans la salle.

Et d'abord, M. Kerckhoffs a dit qu'il ne reconnaît pas comme compétentes dans la discussion les personnes qui ne connaissent pas le Volapük. Je ne puis admettre cette manière de voir, qui supprime toute discussion, lorsqu'il s'agit d'une science nouvelle.

Chacun de nous a quelques connaissances de philologie, puisée dans l'étude comparée des langues qu'il a apprises, ou seulement, dans l'étude de sa langue ; il est apte au moins à une discussion préalable, où il s'agit de décider si on entreprendra ou non l'étude du Volapük.

Dans la petite notice à laquelle je faisais tout à l'heure allusion, M. Kerckhoffs parle de la langue des diplomates : j'aurais été bien aise qu'il mentionnât expressément que c'est le français, qui, par ce fait, se trouve, au point de vue officiel, une langue universelle, et actuellement la seule. En 1871, il est vrai, certaine personnalité d'outre-Rhin a voulu supprimer cette langue comme langue diplomatique... (*Bruit*), mais nous savons qu'elle a abouti à un échec. Devons-nous croire que ce désir, qui s'est manifesté à ce moment, n'existe plus? Je ne le pense pas. (*Agitation.*)

Or, le Volapük est une élucubration allemande ; la notice nous dit que M. Schleyer, son inventeur, est un polyglotte étranger, il est bon de préciser : M. Schleyer est un Allemand, quoique bien voisin de la frontière suisse, mais de la Suisse allemande, c'est-à-dire d'une région où l'on parle exclusivement l'allemand... (*Interruption*) et où l'influence allemande est prépondérante... (*Cris : Assez! Assez!*) ; je suis donc fondé à croire que l'on veut faire aujourd'hui indirectement ce que l'on n'a pu imposer en 1871. (*Vive agitation.*)

Je remarque en outre qu'on annonce comme devant paraître prochainement le dictionnaire volapük-français et français-volapük et comme en préparation les dictionnaires volapük-anglais, volapük-italien, volapük-espagnol, volapük-russe, et qu'on a soin de ne pas indiquer

que le dictionnaire volapük-allemand et allemand-volapük existe déjà; on a donc voulu masquer l'origne allemande du Volapük... *(Vive agitation. — Cris : Assez! Assez!)*

M. Kerckhoffs. — Je proteste contre ce que l'orateur vient de dire. Si je n'ai pas parlé du dictionnaire allemand, c'est que je l'ai oublié : si j'avais eu mes notes, j'aurais donné des détails auxquels je n'ai pas songé.

M. Gassaud. — Ce que je viens de dire se rapporte exclusivement à la notice que l'ai sous les yeux, et à l'annonce qui y est jointe. J'ai bien le droit de m'étonner qu'une annonce de librairie indique des ouvrages qui n'existent pas encore, et ne mentionne pas ceux qui ont déjà paru.

M. Kerckhoffs aurait ses notes avec lui que cela ne changerait pas, j'imagine, l'imprimé en question. *(Bruit.)*

M. Kerckhoffs. — Quant à la création du Volapük, j'ai déjà dit que les racines sont empruntées, en majorité, à l'anglais.

M. Gassaud. — Parce que l'Anglais est en grande partie un succédané de l'allemand ; mais il n'y a pas de racines françaises.

M. Kerckhoffs. — La question de nationalité n'a rien à faire ici. *(Mouvements divers. — Bruit.)*

M. Gassaud. — Ce n'est pas mon avis, et le Volapük n'aura pas, je l'espère, la sympathie des Français. *(Bruit.)*

C'est une opinion que je partage avec plusieurs de nos confrères qui m'ont chargé d'être ici l'interprête de leurs sentiments. *(Mouvement.)*

Leur sympathie est acquise à l'Association pour la propagation du français, association qui a déjà obtenu de beaux résultats; et une Société qui se fonde ultérieurement pour propager une langue issue de l'Allemand, ne peut trouver en eux aucun appui. C'est une concurrence analogue à celle, si fréquente, où l'on cherche aussi à nous exclure en dissimulant l'origine allemande des produits offerts; on fait valoir dans un cas le bon marché de ces produits, on annonce dans celui-ci la grande facilité de l'étude proposée, facilité bien exagérée, je crois. *(Agitation.)*

Mais, comme je le disais dès le début, j'ai demandé la parole avant la séance d'aujourd'hui, et par conséquent sur la communication de notre très honoré confrère M. Maldant ; c'est à lui que je m'adresse maintenant.

Je lui ferai tout d'abord remarquer qu'il nous avait annoncé une conférence sur la langue internationale dont il est l'auteur, et la comparaison de sa méthode avec les autres systèmes. M. Maldant nous a bien exposé son système, mais il s'est dérobé à la dernière partie de son programme. M. le Président le lui a fait observer à la fin de la dernière séance, et je n'insiste pas sur ce point.

Mais, qu'il me permette de lui dire que sa communication, en dehors de considérations très intéressantes sur le vocabulaire des langues existantes, sur leurs irrégularités et les difficultés de prononciation, n'a pour ainsi dire pas été un exposé de son système de langue, mais plutôt

une conférence sur l'alphabet de sa langue. Il a ajouté, toutefois, qu'elle n'admet ni déclinaison, ni conjugaison et nous a entretenus de quelques difficultés que présente là confection du vocabulaire, et, si je ne me trompe, c'est à cela que s'est bornée sa conférence.

Cet alphabet, du moins, ne peut-il pas être attaqué ? M. Maldant ne semble pas s'être préoccupé de ce fait, que dans presque toutes les langues actuelles il y a deux alphabets : l'alphabet manuscrit et l'alphabet imprimé. Tout le monde sait qu'il est pénible de lire un ouvrage manuscrit, les liaisons nuisent à la netteté des caractères, elles sont cependant indispensables pour l'écriture rapide. Personne ne conteste qu'il soit plus long d'écrire en caractères grecs qu'en caractères latins, parce que les lettres ne sont pas comme on dit *liaisonnées*, il faut, par suite, lever la plume après chaque caractère ; ce même fait se retrouve dans l'alphabet de M. Maldant ; cela me semble un défaut très important. Je reconnais que les anciens Grecs n'avaient pas deux alphabets, mais ils n'avaient pas non plus l'imprimerie. *(Mouvement.)*

M. Maldant nous a dit encore que son alphabet a un avantage : c'est le petit nombre de caractères employés, quatre seulement; un même signe pouvant suivant son orientation représenter plusieurs lettres différentes. Cela existe déjà dans notre alphabet d'imprimerie pour le *b* et le *d*, pour le *p* et le *q* ; or, on ne constate pas que ces lettres soient retenues par les enfants plus tôt que les autres, au contraire ; ce n'est donc pas un avantage. Cet inconvénient sera plus grand encore pour la lecture des manuscrits que pour celle de l'impression ; deux caractères identiquement les mêmes, et ne différant que par une faible modification de l'orientation, seront bien difficiles à distinguer, si on ne donne qu'approximativement l'orientation, comme cela aura lieu d'ordinaire dans l'écriture.

Il est vrai, que M. Maldant trouve à ces caractères un autre avantage, c'est leur analogie avec l'alphabet chinois ; cet avantage ne me séduit pas. Tout le monde sait qu'il faut en Chine, de longues années d'étude pour arriver à savoir lire : j'en conclus que quelqu'ingénieuse que soit l'écriture chinoise, elle est à ce point de vue, capital pour moi, défectueuse. Mais, peut-être va-t-on insister en me disant que les peuples orientaux, ou du moins ceux qui ont adopté l'écriture chinoise, sont si nombreux qu'il faut bien tenir compte de ce fait quand on veut créer une langue universelle ; et l'alphabet proposé facilitera beaucoup à ces peuples l'étude de cette langue. M. Kerckhoffs, en se plaçant à un point de vue plus pratique, mais moins élevé, il est vrai, a déjà fait justice de cette objection.

Du reste, pour faire cette objection, il faudrait au moins présenter un chiffre approximatif de la *population lettrée* des pays dont on parle ; mais la proportion serait peut-être alors renversée.

J'ajouterai que, lorsque des Européens étudient la création d'une langue universelle, il me semblerait étrange de les voir accepter un alpha-

bet, qu'ils considéreraient comme mauvais, par ce motif qu'il constituera un avantage pour les Orientaux, et par conséquent un désavantage pour eux.

Enfin, pour terminer ces observations sur l'alphabet de M. Maldant, je dirai qu'il y a une lacune grave, c'est l'absence du son de l'e muet, si fréquent en français et dans la plupart des langues. Ce son sert, il est vrai, à la désignation des consonnes de cet alphabet, mais il n'en est pas moins absent de tous les mots de la langue.

Passant maintenant à ce qui a été dit au sujet du dictionnaire, je reconnais que M. Maldant a eu de très bonnes raisons pour limiter sa conférence à l'alphabet, en nous disant que le dictionnaire serait l'œuvre d'un congrès. Examinant, en effet, les difficultés qui se sont présentées à lui à ce sujet, il reconnaissait qu'il est impossible d'avoir un dictionnaire absolument logique ; c'est qu'en effet, le classement des substantifs est contingent, puisqu'on ne peut déterminer, d'une manière absolue, l'importance de tel ou tel mot. Il nous a dit, lui-même : des personnes diront que le mot le plus important est Dieu, d'autres, l'Homme, d'autres, la Cause ; il y a 500 ans, on aurait certainement considéré le mot Dieu comme le plus important ; la majorité serait-elle encore aujourd'hui du même avis ? On ne pouvait mieux prouver que l'importance des mots est sujette à variation, et que par suite, il ne faut pas en faire la base d'une classification, si on veut qu'elle soit immuable. *(Bruit.)*

Au sujet des autorités qui ont été citées comme ayant appuyé le projet de M. Maldant, je ferai toutes mes réserves. En réalité, je n'en vois guère qu'une, à savoir : deux articles du *Petit Journal*. Cela me semble d'autant plus insuffisant que des relations d'amitié décident souvent un journaliste à écrire une chronique bienveillante ou même élogieuse ; mais, si spontanés qu'aient pu être ces articles, ils ne sauraient avoir une autorité scientifique : le *Petit Journal* n'a-t-il pas été appelé, le *Moniteur officiel* des personnes qui ne savent ni lire ni écrire ? *(Bruit. Cris : assez ! assez !)* Il est vrai, qu'il y a eu près de deux cents lettres qui sont venues corroborer les articles de ce journal : Ce nombre est quelque chose en lui-même, mais si on le compare à celui de trois millions et demi de lecteurs, c'est encore bien peu.

Quant aux congrès grands et petits, dont il a été parlé, je vais m'en expliquer ; mais en passant je crois qu'il y a une erreur à signaler : c'est que lorsqu'on fait un projet, quel qu'il soit, on doit le faire seul, sauf à le soumettre ensuite à une commission, qui le critique ou l'approuve ; mais un projet ne peut être l'œuvre d'une collectivité.

On a souvent plaisanté de l'aréopage de l'Académie se réunissant pour discuter sur le Dictionnaire ; ne serait-il pas alors plus étrange de voir un Congrès ou une Conférence de plénipotentiaires discuter le même sujet ? Puis, aboutirait-on ? L'exemple de la Conférence monétaire où

il s'agissait de questions d'un intérêt immédiat, entre peuples peu nombreux, et se connaissant bien, n'est pas précisément encourageant.

Mais, si M. Maldant n'a pas encore soumis son travail à un Congrès, formé de représentants de différents États, délégués par leur Gouvernement, il l'a déjà soumis à ce qu'il a appelé un petit Congrès, formé de personnes qui se sont déléguées elles-mêmes, il est vrai. Je ne parlerai pas de ce petit Congrès... *(Rires. — Mouvements divers)*, je n'en parlerai pas, dis-je, parce qu'il me semble qu'il ne peut pas, dans les conditions où il a été formé, être cité comme une autorité, et on l'a fait à la dernière Conférence. Toutefois, il se pourrait qu'il y eût parmi ses membres, quelque philologue considérable, un grand nom, un Burnouf, par exemple, et dans ce cas, je m'inclinerais devant son autorité, qui pourrait bien se passer d'une nomination régulière : voilà pourquoi je disais, il y a un instant, que je ne parlerais pas de ce petit Congrès ne connaissant pas les noms des personnes qui le composent.

Examinons maintenant d'où proviennent ces essais de langue universelle : ils proviennent évidemment d'un besoin qui se fait sentir. Mais ce besoin lui-même d'où provient-il ? Il provient, à mon avis, d'un vice de l'instruction actuelle. On a voulu, à tort, supprimer le latin et on a supprimé du même coup l'instrument des relations internationales du monde savant. Lorsque Newton écrivait un ouvrage, il le faisait en latin et tout le monde pouvait le lire ; aujourd'hui, il n'en serait plus de même, le latin ayant été quelque peu laissé de côté.

Du reste, beaucoup de personnes pensent que le latin se prête mal aux relations orales et usuelles et qu'une langue universelle nouvelle serait plus commode pour l'expression des besoins ordinaires de la vie, pour les affaires, pour les expositions par exemple : c'est peut être là une erreur.

On ne songe pas assez que ce n'est que par un long usage et une étude laborieuse que l'on arrive à parler une langue qui n'est pas votre langue maternelle, et surtout à la bien comprendre ; on parvient assez vite à s'expliquer, tant bien que mal, mais on a beaucoup de peine à saisir les paroles de son interlocuteur, soit qu'il parle trop vite pour vous, soit qu'il prononce ou accentue autrement. Un Anglais et un Français parlant une langue universelle s'entendraient, je crois, difficilement, parce qu'ils ne prononceraient pas de la même façon, en dépit des règles de prononciation de la langue apprise par eux.

Quant aux rapports écrits des savants, je crois qu'aucun ne consentirait à écrire dans une langue manquant forcément de littérature.

Une langue universelle n'aura donc d'utilité qu'au point de vue des mercuriales et de la correspondance commerciale. *(Bruit.)*

Est-ce une raison suffisante pour chercher à créer une langue nouvelle ? Je ne pense pas ; car ce n'est pas seulement dans la syntaxe latine qu'il faut se préoccuper de la question de temps, excusez-moi de paraître faire

un jeu de mots; mais il me semble que le moment est mal choisi pour développer en France des idées qui découlent plus ou moins du cosmopolitisme. (*Vive agitation.*)

Je crois avant de terminer devoir, moi aussi, relever une phrase prononcée à la dernière séance par M. Maldant et qui avait, paraît-il, été mal interprétée (*Bruit*); mais je suis heureux de savoir qu'elle avait été mal comprise. (*Nouvelle interruption.*)

M. Cotard. — Je demande à M. le Président de vouloir bien ramener la discussion à son caractère philologique (*Bravo! — Vifs applaudissements.*)

M. Gassaud. — Je crois que le caractère particulier des séances de notre Société n'est pas le caractère philologique. A l'occasion de ces conférences, il a été dit des choses qui ont blessé certaines personnes et il me semble que j'ai bien le droit de les relever.

Je continue.

En résumé, je ne pense pas qu'il y ait beaucoup à se préoccuper de ces tentatives destinées à amener la création d'une langue universelle, que Descartes, Leibnitz et tant d'autres ont recherchée en vain. L'histoire nous apprend, d'ailleurs, que l'humanité, issue d'une origine commune, a vu son langage se différencier en même temps que les races se sont fixées et que l'esprit humain s'est développé, je ne crois pas que l'on réussisse à lui faire remonter le cours des âges.

Du moment que les différentes nations conserveraient leur langue propre, il n'est pas établi, d'ailleurs, et ceci a une importance capitale dans la question, il n'est pas établi, dis-je, qu'une langue universelle, en admettant qu'on pût réussir à en faire adopter une, abaisserait les barrières qui séparent les peuples. Il se pourrait que ce fût le contraire qui se produisit, chacun n'étudiant plus que sa langue maternelle et la langue universelle. On abandonnerait complètement l'étude des langues étrangères, en France du moins, où nous ne nous livrons qu'à regret à ces études; on serait plus qu'aujourd'hui étranger au mouvement intellectuel qui se produit au delà des frontières, de là des inconvénients et des dangers sur lesquels je n'ai pas besoin d'insister. (*Applaudissements. — Mouvements divers.*)

M. le Président. — Je n'avais pas besoin que M. Cotard m'engageât à prendre la parole, puisque je me l'étais demandée tout à l'heure à moi-même et que je me l'étais accordée généreusement : je vais en profiter. (*Rires et applaudissements.*)

Il y a dans tout ceci, une chose évidente : c'est l'extrême difficulté qu'on aura à créer une langue universelle. Mais je crois que M. Gassaud s'est tout à fait mépris sur une phrase de M. Kerckhoffs; et, comme M. Kerckhoffs est notre hôte et notre invité, nous lui devons la plus grande courtoisie et nous devons comprendre de très près ce qu'il a voulu dire. Il n'a pas dit qu'il fuyait les critiques; il a dit

si ma mémoire est fidèle : « ne prétendez pas d'avance que le Volapük est difficile à apprendre; consacrez-y quelques heures, et vous verrez qu'il remplit un des *desiderata* de la langue universelle. » (*Très bien! très bien! Applaudissements.*) Je vais à bâtons rompus, pour suivre le discours de notre camarade, M. Gassaud. Je rends justice à ses sentiments patriotiques, que je partage de la manière la plus complète. (*Cris : tous! tous!*) Seulement, il y a le moment, il y a l'heure. (*Bravo! bravo! applaudissements prolongés.*) Que M. Gassaud me permette d'ajouter qu'il m'a fait un peu de chagrin quand il a traité assez mal le *Petit Journal* et qu'il a dit que cette feuille populaire passait pour le moniteur officiel des gens qui ne savent ni lire ni écrire. — Malheureusement, c'est une grande partie de la population qui ne sait ni bien lire ni bien écrire. Je me rappelle qu'un de nos écrivains les plus distingués, mort aujourd'hui, me disait : « La première chose que je lis le matin, c'est le *Petit Journal*, pour me mettre en contact avec ce grand nombre de lecteurs qui le lisent chaque jour. » — Je crois que le *Petit Journal* rend de grands services, et qu'il ne faut pas le confondre avec cette presse à bon marché qui rend à la population des services tout contraires. Ce sont des sentiments honnêtes et le désir du bien qui l'animent; c'est un flambeau qui n'a pas un rayonnement excessif, mais dont la lumière a été utile; et je crois que le pays perdrait quelque chose si le *Petit Journal* disparaissait et était remplacé par une de ces feuilles que vous connaissez. (*Très bien! très bien! — Applaudissements.*)

L'Inventeur du Volapük, M. Schleyer, est un Allemand; mais je crois qu'on peut accorder qu'en créant cette nouvelle langue, il n'a pas songé à faire tort aux autres langues : il a pensé à faire une langue universelle, mais il n'a pas eu pour but de détruire les autres langues. Comme le disait M. le général Tcheng-Ki-Tong tout à l'heure, on a tous sa langue maternelle, qu'on gardera jusqu'au dernier soupir.

On m'a reproché de consacrer deux réunions à ce sujet; mais, M. Kerckhoffs a été si aimable que j'ai cédé volontiers à son désir que des Membres de la Société appuyaient. (*Applaudissements.*)

Je crois que la Société des Ingénieurs civils est faite pour tout comprendre et tout entendre. Le général Tcheng-Ki-Tong disait : Votre siècle est celui des Ingénieurs... Vous devez donc être selon moi un aréopage ouvert à toute vérité et à toute lueur, et l'on vous demande d'étudier les questions parce que vous êtes des travailleurs. Vous devez avoir *des clartés de tout*, comme disait Molière; il les réclamait pour les femmes, il faut au moins que les Ingénieurs les possèdent (*Bravo! Applaudissements !*) Il y a eu un peu de bataille, un peu d'ébullition, ce soir, c'est parce qu'on ne s'est pas bien compris; mais, nous rentrons dans le calme, et si M. Maldant a quelques mots à dire, je lui donnerai la parole.

M. Gassaud : — Je prie M. le Président de me laisser dire auparavant que je n'ai jamais eu l'idée de contester les services rendus par le *Petit Journal;* mais je pense qu'un article d'une feuille quotidienne quelconque ne peut être présenté comme une autorité scientifique. Le *Petit Journal* n'a d'ailleurs pas cette prétention, précisément à cause du public auquel il s'adresse spécialement.

M. Maldant : — Ce qui vient de se passer dans ces derniers instants doit nous montrer à tous — ce que nous savons déjà — que la critique est aisée; seulement, il est bien difficile de critiquer et de concilier, avec la critique, la mesure qu'on doit conserver dans une critique; c'est-à-dire, de critiquer la pensée de celui dont on parle, et de la critiquer justement. Eh bien, j'avoue que, dans les différentes critiques qui ont eu lieu tout à l'heure, je ne me suis pas reconnu du tout; et cela a été pour moi une satisfaction, car j'aurais été désolé du contraire.

On a critiqué deux points : J'ai répondu au premier, je n'y reviendrai pas. Mais on a fait aussi, de l'exposé que j'ai eu l'honneur de présenter, dans la première réunion, une critique qui le rend tout à fait méconnaissable, et je crois qu'il y a intérêt à vous dire que, cette fois encore, on s'est trompé.

Je n'ai pas dit, par exemple, que le dictionnaire et la grammaire de la langue, dont j'ai donné les éléments, n'étaient pas faits, parce qu'il avait fallu vingt ans pour poser seulement la base de mon système; je n'ai pas dit cela, attendu que l'achèvement de la grammaire prendra tout au plus deux mois, et que le dictionnaire est presque terminé à l'heure qu'il est. Donc, il ne faudra pas, pour les établir, le temps incommensurable, dont on a parlé tout à l'heure. J'ai indiqué seulement ceci, c'est que, pour faire une langue internationale, à mon sens, il faut tenir compte d'une telle quantité de susceptibilités, qu'il faut penser tout d'abord à faire le sacrifice de toute langue existante ou de toute langue morte; de toute langue qui a vécu, qui a formé un certain nombre de langues qui sont devenues ses adeptes, ses auxiliaires. — Pour ce qui me concerne, je suis de ceux qui admirent les travaux de M. Schleyer, je suis de ceux qui admirent les efforts de M. Kerckhoffs, les efforts et les travaux de tous ceux qui se sont adonnés à cette grande, noble et belle pensée de faire une langue internationale, sans se préoccuper de leur personne, ni même de leur nation. (*Bravo! Bravo! — Applaudissements.*)

Messieurs, il faut bien le dire, ce soir on a beaucoup critiqué, et je dois reconnaître que M. Kerckhoffs excelle dans la critique. M. Kerckhoffs a critiqué, à notre précédente séance, la langue Sudre; j'en avais dit quelques mots, mais ce que j'en avais dit était plutôt en sa faveur; seulement, comme la langue Sudre était une langue musicale, ce n'est pas tout le monde qui pouvait la parler. Elle se

compose des sept notes de la musique. Eh bien! il y avait, dans cet effort, certains côtés intéressants qui méritaient des éloges, à côté des critiques.

Certes, Messieurs, M. Kerckhoffs a absolument terrassé la langue Sudre; j'aurais eu plus d'indulgence pour elle, je lui aurais réservé certaines compensations légitimes, si j'avais eu à la critiquer.

Mais, je remarque que M. Kerckhoffs, dans une petite brochure, qui est la grammaire du Volapük, passe en revue certaines personnes qui se sont occupées de la langue internationale; il a fait une étude assez complète car je ne connais que cinq ou six noms qu'il n'ait pas indiqués; il y en a là une nomenclature qui commence par *Descartes*, qui se termine par les derniers systèmes de ces temps récents et qui finit à *Letellier*. Cette nomenclature est très complète, et voici comment il s'exprime après l'avoir terminée :

« Des trésors de science et de patience ont été épuisés dans l'étude » de cette question, et, cependant il serait difficile de citer, parmi » quarante ou cinquante langues universelles imaginées dans le cours » de ces deux derniers siècles, une seule ayant une valeur pratique » quelconque, c'étaient, ou bien des systèmes pasigraphiques uni- » quement compréhensibles à la lecture ou bien des langues compré- » hensibles seulement à des intelligences d'élite, ou tout simplement » encore, quelque langue existante plus ou moins intelligemment » *estropiée!* »

Voilà, Messieurs, tout ce qui est dit de toutes les tentatives faites, jusqu'aujourd'hui, par tous les hommes qui sont morts sur la brèche, et qui sont morts après avoir essayé de doter l'humanité de ce grand progrès. Je trouve que cette critique est bien dure. Si on examine le tableau du Volapük, qui a été exposé; n'y trouvons nous pas exactement un arrangement qui a pour but d'estropier plus ou moins ingénieusement des langues existantes? Et n'est-il pas juste de se demander si on ne pourrait pas légitimement retourner cette critique contre le Volapük lui-même?

Messieurs, il y a certainement un grand écueil à faire une langue avec d'autres langues, et même en choisissant ces autres langues parmi deux ou trois de celles qui nous entourent; j'ai dit à la dernière séance, et je crois que je l'ai expliqué assez longuement, combien de difficultés rencontrerait un projet de cette nature; j'ai aussi dit que certainement les populations asiatiques, dont, pour ma part, je fais un très grand cas, par cette excellente raison qu'elles contiennent plus de la moitié de la population du globe, j'ai dit que du moment où vous voudrez faire une langue universelle ou internationale, vous ne pouvez pas avoir la prétention de ne pas y faire participer cet énorme contingent.

Donc, j'ai dit que je faisais grand cas de cette immense population asiatique de plus de 500 millions d'habitants; j'ai dit qu'on ne pouvait pas

faire une langue internationale sans l'agrément et sans le concours de ces populations-là ; j'ai dit aussi qu'aucune langue, pas plus la mienne que le volapük, ne pourra devenir une langue générale, que lorsqu'elle aura été présentée à un Congrès international, dûment autorisé, qui aura examiné les différents projets qui lui seront soumis et qui aura adopté l'un de ces projets : voilà seulement ce qui peut être, et ce qui sera la langue universelle. (*Très bien ! très bien ! — Applaudissements.*)

Messieurs, nous n'avons pas la prétention ici, ni les uns ni les autres, d'imposer nos travaux, mais nous avons le sincère désir de les présenter, dans quelques années d'ici, à cette Commission Internationale, dont nous prévoyons la réunion, à ce moment, grâce aux circonstances qui nous permettront probablement de la voir se former chez nous, au moment du Centenaire, que nous avons tous en perspective.

Je dis que, à ce moment-là, il sera intéressant d'arriver devant la commission internationale, non seulement avec une théorie, mais avec la pratique. Eh bien ! à l'heure qu'il est, nous nous occupons de faire de la pratique, avec la langue dont j'ai posé ici les éléments ; comme M. Kerckhoffs s'occupe à en faire, avec un peu d'avance sur nous ; mais nous ne pouvons travailler, l'un et l'autre, que pour une future commission internationale. Seulement, pour qu'on ne se méprenne pas sur ce qui a été dit, j'ai besoin d'expliquer pourquoi et comment notre dictionnaire et notre grammaire ne sont pas finis.

J'entends faire une langue absolument *neuve*, faisant table rase du passé, c'est-à-dire, ne s'occupant pas plus des habitudes ni des goûts des Français, — tout Français que je sois de cœur, — et j'ai prouvé dans toutes circonstances, que je suis aussi bon Français que qui ce soit. (*Bravo ! Bravo ! — Applaudissements*), — ne s'occupant pas plus, dis-je, des convenances particulières des Français que de celles des autres peuples. J'ai dit aussi que j'avais voulu faire surtout une chose *logique*, et j'ai expliqué de quelle façon je m'y suis pris, et de quels éléments je suis parti pour faire une langue rationnelle. En partant d'abord d'une langue faite, je me suis efforcé d'en enlever toutes les irrégularités, pour arriver aux racines de la langue ; et je vous ai dit qu'en étudiant trois langues, dans cet ordre d'idées, étant arrivé à peine à la moitié du chemin, il ne me restait plus rien du tout. Je me suis donc dit : s'il n'est pas possible de faire une langue logique avec les langues existantes, il faut faire quelque chose de mieux, de plus régulier, ne donnant pas au choix de ses éléments, d'autres préférences que celles qui doivent exister, quand on cherche à faire quelque chose de bien et de vrai. C'est pour cela, notamment, que j'ai établi une distinction précieuse entre les mots commençant par une voyelle et les mots commençant par une consonne. Ayant remarqué qu'il y avait deux fois et un tiers plus de substantifs que de tous les autres mots réunis, j'ai dit : nous avons un moyen facile, logique, conforme au

principe même que j'avais adopté, de les distinguer : ce moyen, c'est de faire commencer tous les substantifs par une consonne, et tous les autres mots par une voyelle. C'est ainsi que je suis arrivé, rationnellement, à former la grammaire et le dictionnaire, et à établir les règles de la composition des mots. Il y a un petit livre qu'on appelle dans les classes un *Pautex;* il n'a aucune prétention, il est pourtant devenu classique et a été tiré à un million d'exemplaires, pourquoi? Parce qu'il a donné satisfaction à une des idées que je considère comme absolument nécessaires à réaliser dans une langue internationale, langue qui doit être un *lien* entre les autres langues sans prétendre en supprimer aucune. (*Applaudissements*).

Ce Pautex, qui contient 4,000 mots dans son ensemble, a classé les mots du dictionnaire dans un ordre logique : il a mis ensemble tous les mots qui se rapportent à l'homme, à l'alimentation, aux maisons etc.; il a groupé les grandes idées, et il a réuni tous les mots qui s'y rapportent; il a montré que, avec un nombre de racines restreint et en les groupant, d'une façon intelligente, on peut établir un certain ordre logique, — c'est ce qu'a fait le Volapük, auquel je rends cette justice, d'avoir tenté de faire un travail intelligent. Mais, pour moi, le Volapük *ne sera jamais la langue universelle;* c'est ma pensée, et c'est ma conviction profonde et intime, parce qu'il ne pourra pas soutenir l'examen de la commission internationale dont je parlais tout à l'heure, car dans cette commission il y aura non seulement des Français, des Anglais et des Allemands; mais des Espagnols, des Russes, des Chinois, des Siamois, des Arabes; des gens de tous les pays. Je désire, pour les Volapükistes, me tromper; mais j'exprime sincèrement mon opinion sur leur œuvre, comme ils en ont exprimé une sur la mienne.

M. Derennes : — Je demande la parole.

M. Maldant. — Je ne demande pas mieux que de vous céder la parole (*Voix nombreuses* : — *Finissez! finissez!*).

J'ai examiné beaucoup la question au point de vue d'une langue morte, et si une langue morte a bien mérité du monde, c'est le latin; mais, je ne crois pas que le latin puisse devenir une langue universelle, parce que, en définitive, il aura peut-être avec lui les races latines, mais il aura certainement contre lui, et chez les autres races, toutes ces questions de patriotisme et de personnes, dont nous avons constaté tout à l heure toute la vivacité : vivacité qui peut nous faire comprendre ce que serait un congrès où il y aurait des gens de toutes les nations, en face d'une langue déjà connue. Donc, j'ai compris qu'il est absolument indispensable de faire une langue nouve, qui n'emprunte rien à personne, et soit bâtie avec des matériaux solides, dont on ne puisse pas suspecter l'origine. C'est pour cela que je me suis arrêté à un point déterminé, non pas par impuissance d'aller plus loin ; mais parce que, à ce moment, j'ai senti que la classification, pour

être logique, doit commencer par les mots les plus *importants*. Je me suis trouvé alors en présence de la difficulté indiquée tout à l'heure; et je me suis demandé si je devais faire tout seul cette classification?

Je pourrai me demander: Tel mot ou tel ordre de mots est-il plus important qu'un autre? Il y a des réponses sérieuses qui peuvent être faites en sens contraire. Là, je me suis momentanément arrêté; mais, la règle étant posée, il n'y avait plus qu'à procéder selon cette règle pour composer la grammaire. Eh bien! ce travail devant lequel je me suis arrêté, parce qu'il constituait une *faculté*, c'est-à-dire qu'il m'était facultatif de le faire comme je l'entendrais, il se fait dans ce moment-ci le mieux possible; il ne sera peut-être pas irréprochable, mais il sera très certainement plus logique que tout ce que nous pourrons voir dans les langues existantes. Et il faudrait être bien maladroit pour qu'il n'en fût pas ainsi, lorsqu'on est maître de sa classification, comme pour ce Pautex dont je parlais tout à l'heure; lorsqu'on peut mettre en ordre logique, et en même temps en ordre alphabétique tous les mots nécessaires : Nous avons ainsi le moyen de tout faire bien à la fois; c'est donc pour cela seulement, que jusqu'à présent, je n'ai pas encore achevé cette langue; mais je m'y suis profondément attaché, comme on s'attache à la vérité, et parce qu'elle m'a paru meilleure que les autres. *(Applaudissements)*.

M. Derennes. — Me sera-t-il permis de faire une observation au point de vue de la philologie rationnelle ? Je donne tous mes éloges aux deux tentatives qu'on nous a exposées, mais j'ai le regret de faire une petite critique qui ne tient peut-être qu'à une lacune. Il me semble qu'on donne une part beaucoup trop faible à la dérivation des mots. Le Volapük prend une racine et en fait un substantif, un adjectif, un verbe et un adverbe; au moyen de terminaisons, il forme la déclinaison et la conjugaison; et c'est tout.

D'un autre côté, M. Maldant ne nous a pas parlé de la dérivation des mots, mais, il admet que tous ses mots seront formés au plus de trois ou quatre lettres: Cela me paraît tout à fait limiter le champ dans lequel doit se développer une langue. Si nous prenons les langues existantes, nous voyons que les mots les plus usuels ont des racines de deux, trois ou quatre lettres, et qu'on en déduit par voie, soit de flexion, soit de dérivation, soit de composition, une immense quantité de mots qui deviennent très longs. Prenons les mots les plus, communs, *agir*, par exemple, dont le radical est *ag*, on en fait *acte*, *acteur*, *agissement*, *agencement*, *agilité*, *actualité*, *activité*, *action*, *réactionnaire*. (*Rires*). Prenons le mot latin *sto;* avec le radical *St* on a fait *rester*, *arrêter*, *circonstance*, *obstacle*, *instantané*, et, en passant par *statuer* et *constituer*, jusqu'à *anticonstitutionnellement*. Voilà une richesse que nous rencontrons dans toutes les langues, et qu'il me paraît intéressant de conserver soit dans le Volapük, soit dans la langue de

M. Maldant; seulement, dans les langues actuelles, le procédé de dérivation est tellement irrégulier et tellement arbitraire qu'on a souvent de la difficulté à soupçonner le point de départ. Je citerai par exemple les mots *journal*, *journaliste*, dont le radical est *dies*, *jour*, d'où l'on a tiré *diurnus*, *diurnalis*; de là *journal*. Il faudrait régulariser tout cela. En un mot, je voudrais que dans les deux langues dont on vient de nous parler, on pût d'une souche simple exprimant une idée simple, faire diverger, par voie de ramification rationnelle, des groupes de mots dérivés se rapportant à des modifications de l'idée mère.

Je ferai encore une autre observation. La langue de M. Maldant, c'est la langue de l'écriture. Il est évident que, lorsqu'on a en sa possession une langue aussi simple, aussi belle, avec une orthographe aussi facile, les caractères sont très heureux pour la rapidité de l'écriture; mais il me paraît essentiel de les lier, comme on fait en sténographie. Il faut lier entre elles les lettres qui concourent à la formation de chaque mot, et ce sera la vraie sténographie. *(Applaudissements.)*

M. Kerckhoffs. — Je voudrais répondre à l'objection qui vient d'être faite au Volapük concernant la dérivation. Elle se fait avec une régularité qui ne laisse rien à désirer. Le Volapük, dont le dictionnaire contient 13,000 mots, n'a pas plus de 800 racines. Tous les mots y sont formés comme en allemand ou en grec, où la dérivation se fait sentir le mieux; je crois même que c'est le côté où M. Schleyer a excellé. — J'aurais été enchanté d'entendre de M. Maldant une critique du Volapük; je dois conclure de ses diverses observations qu'il n'y trouve guère rien à redire. *(Rires.)* Il aurait bien voulu que les racines n'eussent pas été prises dans les langues existantes; mais, ce n'est pas là un inconvénient assez sérieux pour empêcher l'adoption d'une langue universelle. Il nous parle d'un congrès; — je ne crois pas qu'on parvienne jamais à réunir un congrès international pour discuter d'avance une langue. Réunissez un congrès lorsque vous aurez une langue toute faite. Les Volapükistes ont décidé qu'un congrès aurait lieu en 1889; les délégués des cinq parties du monde s'y trouveront réunis pour examiner l'œuvre de M. Schleyer. M. Maldant nous dit qu'il sera difficile de faire adopter le Volapük par les autres nations de l'Europe, les Espagnols entre autres; — eh bien! nous nous trouvons en présence de faits qui démentent ces affirmations. Ce matin même, j'ai reçu une lettre d'Espagne m'informant qu'une société de Volapükistes vient de se constituer à Madrid; il y en a soixante-huit autres, vous ai-je dit, répandues dans toutes les grandes villes de l'Europe.

Je veux encore faire une observation, au sujet des caractères de M. Maldant. Il faut que la langue universelle serve à la correspondance télégraphique: il importe donc que vous puissiez transmettre sans difficulté vos mots avec les caractères télégraphiques existants.

Un Membre. — Avec le système Morse, on supprime bien les lettres latines, on peut bien les remplacer par les lettres Maldant.

M. Kerckhoffs. — Oui, mais vous êtes obligés d'établir un système spécial ; il serait bien plus simple d'adopter nos caractères français.

M. Maldant. — Je voudrais rappeler seulement au tableau, pour un instant, en quoi consistent ces caractères dont on a l'air de faire si grand écueil. Voici tous les caractères avec lesquels on peut écrire la langue internationale :

O C I ⅂

Voilà tous les caractères; il n'y en a pas d'autres ; c'est fini ! (*Applaudissements.*)

Il est impossible de trouver, sans parti pris, que ces caractères-là sont compliqués et trop difficiles à apprendre. Quoiqu'ils ne soient pas nombreux, ils ont de grandes qualités : ils sont simples ; ils peuvent, tous, s'écrire d'un seul trait de plume; toutes les lettres se font donc d'un seul coup. La lettre la plus compliquée est celle-ci : ⅂. Ces lettres ont encore un avantage, c'est d'établir une *distinction* entre les voyelles et les consonnes. Voici deux lettres, ronde ou demi-ronde, O, C, ce sont les voyelles; voici deux lettres, une droite et une droite avec crochet, I ⅂ ; ce sont les consonnes. Il est impossible de les confondre.

Ce crochet sera tantôt en haut, à gauche ou à droite, tantôt en bas, à gauche. Il exprimera différentes lettres suivant ses différentes positions, mais c'est toujours le même caractère qui sert, et sans aucune confusion possible.

Maintenant, on a cité tout à l'heure, avec beaucoup de raison, un nom que, pour ma part, je respecte profondément, c'est le nom de l'abbé Sotos Ochanbo : c'est un Espagnol qui a fait peut-être la langue internationale, à mon sens, la plus intéressante et la plus habile qui ait, jusqu'ici, été imprimée. Dans cette langue, je me suis rencontré sur quelques points, avec lui, par suite de circonstances bien extraordinaires, car je connaissais le nom de M. Ochando, mais je n'avais pu me procurer rien de ce qu'il avait écrit, quand, parmi les personnes qui ont bien voulu me faire l'honneur de venir me voir récemment, s'est trouvé un monsieur, qui est ici présent, et qui m'a dit : il y a quelque chose de très curieux dans vos caractères ; ils ressemblent en partie aux caractères de M. Ochando; connaissez-vous son ouvrage? — J'ai répondu : non; j'ai fait toute espèce d'efforts pour me le procurer, et je n'ai jamais pu y parvenir. — Il m'a dit : j'en ai un exemplaire, et je vous le ferai voir. — Et il m'a communiqué cet ouvrage. Ses caractères ont un élément de similitude avec les miens, ce qui prouve que les mêmes idées, même chez des gens qui ne se sont

jamais vus et n'ont jamais eu entre eux aucune relation, peuvent se rencontrer.

L'alphabet de l'abbé Ochando ne distingue pas les voyelles des consonnes : il n'a que des caractères droits, mais il y a aussi des crochets. Voilà tout son alphabet : |, ⅂, ⌊. C'est encore plus simple que le mien, mais cela prête à quelques confusions, et je crois que, à ce point de vue-là, il y a grand avantage à adopter des formes différentes pour distinguer voyelles et consonnes. Ce qu'il y a de particulier, c'est surtout l'inclinaison du même caractère ; ainsi, par exemple, ceci est un *b* : | ; j'incline de 45 degrés, environ, le caractère, de droite à gauche \, je fais *c* ; en l'inclinant de 45 degrés dans l'autre sens /, je fais *d* ; et, pour *f*, je le mets horizontal _. Vous voyez qu'il n'y a pas de confusion possible. L'abbé Ochando a placé une partie de ses caractères de la même façon ; de sorte que nous nous sommes trouvés d'accord sans nous être jamais vus ni connus. Nous avons eu, ensemble, la même idée ; car notre alphabet date, à peu près, de la même époque : il n'a adopté que la ligne droite, tandis que j'ai distingué les voyelles des consonnes, chose capitale selon moi.

M. Saillard. — Je demanderai à M. le Président la permission de prendre la parole. Je ne suis pas Ingénieur ; on vous a parlé, jusqu'ici, de langue universelle. Mais si M. Kerckhoffs a été un peu bref dans l'exposé du Volapük que j'ai appris, et je ne suis pas le seul, et au bout de deux heures, nous lisions déjà des morceaux de Volapük, je dois dire que le but du Volapük est de faire une langue, non pas universelle, — je préfère le mot de langue internationale, — mais, commerciale.

Comme le disait tout à l'heure avec beaucoup de bon sens M. le général Tcheng-Ki-Tong, il faut faire une langue pour les intérêts qui sont en jeu dans le monde, et le Volapük réalise les conditions demandées. On a reproché au Volapük ses racines, on lui reproche de les prendre, en majeure partie, à l'Allemand ; or, les personnes qui ont appris l'allemand verraient, si elles étudiaient le Volapük, qu'il y a beaucoup plus de racines anglaises que de racines allemandes. L'alphabet, comme l'écrit le Volapük, est écrit par la moitié de la population terrestre ; le russe, aujourd'hui, s'écrit avec les caractères latins.

Comme cet alphabet du Volapük nous est connu, qu'il est connu par les populations qui habitent le globe, je ne vois pas pourquoi on ne le prendrait pas.

On a reconnu que la langue latine n'était plus propre à devenir une langue internationale. Les premiers éléments du Volapük ont été enseignés à Paris, en premier lieu, par M. Kerckhoffs, qui a ensuite répandu sa méthode parmi des jeunes gens d'intelligence ordinaire, qui ont pu, non pas le parler, mais l'écrire et correspondre, au bout de six leçons, sans aucune difficulté. Voilà ce que j'ai à dire.

M. Pesce. — Messieurs, à la suite de cette longue discussion, vous vous êtes probablement posé la même question que moi, sur la langue universelle : la langue internationale est-elle bien nécessaire? (*Rires*). Est-elle surtout pratique? Plus on connaît de langues, moins on sent le besoin de cette langue internationale. Toutes les personnes qui en connaissent un certain nombre n'éprouvent pas le besoin d'avoir une langue internationale. (*Bruit.*)

C'est un simple point d'interrogation que je pose. En admettant que cette langue fût nécessaire, il faudrait la considérer à un point de vue plus élevé que celui auquel on s'est placé jusqu'à présent, à un point de vue philosophique, et voir à quels besoins elle doit répondre : c'est au besoin de relations de peuple à peuple. Il faut donc tenir compte des besoins des différentes nationalités.

Je trouve dans le Volapük un premier défaut, c'est qu'il part de l'alphabet latin. Si l'on considère avec un esprit libéral quelles sont les nations qui occupent la surface du globe et à quels besoins répondrait cette langue, il faut se rappeler que les trois quarts du globe terrestre sont occupés par les Orientaux, et un quart seulement par les Occidentaux. (*Bruit.*)

M. le Président. — Je demande encore une minute d'attention à l'Assemblée, pour entendre M. Cotard et M. Casalonga, qui ont demandé la parole.

M. Pesce. — M. Kerckhoffs, au contraire, prend des radicaux dans les langues occidentales; il prétend qu'une langue formée avec trois ou quatre langues occidentales s'imposerait au reste du monde. C'est peut-être autoritaire ; c'est peut-être juste, puisque souvent la force prime le droit; (*Bruit.*) mais, je crois que, dans ce cas, la chose ne serait guère réalisable.

M. le général Tcheng-Ki-Tong a dit, avec beaucoup d'esprit, que ce qui régit le monde aujourd'hui, c'est l'intérêt. Si l'on veut faire une langue nouvelle, chacun partira de sa langue propre, à moins d'avoir le sentiment de M. Maldant, qui a eu le courage de dire que le patriotisme était un sentiment relativement étroit. L'égoïsme, partant de l'individu, s'étend à la famille, à la patrie, au monde : c'est pourquoi, dans l'établissement d'une langue universelle, il faudrait faire entrer en ligne de compte tous les peuples, aussi bien Orientaux qu'Occidentaux. (*Bruit.*)

M. le Président. — M. Cotard a la parole.

M. Cotard. — Messieurs, il y a une idée qui doit nous frapper, — car cette salle entend habituellement des études plus particulièrement techniques, — il y a une idée qui doit nous frapper, en écoutant ces discussions : c'est que les Ingénieurs, en facilitant, par leur industrie, les communications sur la surface du monde, ont donné tout à coup au problème social des relations internationales une importance

considérable. Les populations qui n'avaient, naguère, aucun contact, sont mises aujourd'hui en rapport par l'établissement des chemins de fer, des bateaux à vapeur et des télégraphes ; de sorte que cette idée de langue universelle moderne, qui est à peine ébauchée aujourd'hui, ne peut manquer de s'imposer tôt ou tard. Cela est tellement vrai, qu'autrefois, dans notre France, on n'apprenait que le latin, le grec et le français et qu'aujourd'hui, on sent la nécessité d'introduire l'étude des langues vivantes. On peut se demander si c'est un bien, et nous avons peut-être plus de raison que d'autres de nous le demander. En Orient, à Constantinople, en Russie, les personnes qui sont un peu répandues dans le monde sont obligées de savoir cinq ou six langues, et, quand nous allons à l'étranger, je crois que beaucoup de Français l'ont éprouvé, on est pris d'un sentiment d'inquiétude, je ne dirai pas de honte, en se demandant : — mais, est-ce que la quantité des langues que l'on sait serait une mesure du développement intellectuel ? — Voilà la question qui se pose, à savoir : si la multiplicité des langues apprises est un bien ou un mal, et s'il ne serait pas préférable de bien savoir sa langue propre, sa langue maternelle, la langue avec laquelle on vit et on meurt, et, avec cela, de posséder, en outre, une langue unique, universelle, *internationale*. (*Applaudissements*). On satisferait ainsi pleinement, par ces deux expressions de la pensée, au double sentiment qui honore toutes les nations, celui de la Patrie et celui de l'Humanité. (*Bravo ! Bravo ! Applaudissements.*)

Il y a un mot qui a été prononcé ici, apporté de l'autre bout du monde, par l'homme distingué que nous avons le bonheur d'avoir parmi nous, c'est le mot *humanité*. Ce mot est né en France; d'autres peuples le prononcent, c'est nous qui, les premiers, lui avons donné son sens élevé de solidarité et de continuité humaine, c'est nous qui l'avons appris aux autres peuples. La langue Française a été pour ainsi dire, la langue universelle, pourquoi ? c'est qu'au-dessus des questions d'*intérêt* et de patriotisme étroit, elle a su porter au monde entier, sur ses ailes légères, les belles et généreuses pensées d'humanité qui font l'honneur et la véritable gloire de notre pays. (*Sensation. Applaudissements.*)

Ce sont les idées d'humanité qui ont rendu notre langue universelle, et la langue française conservera ce caractère de langue universelle, à condition que les idées étroites ne pénètrent pas dans notre pays. (*Bravo ! Bravo ! Vifs applaudissements.*) Il y a donc un grand intérêt dans la haute question qui a été soulevée ici, et qu'il ne faut pas faire dévier par d'autres questions qui se trouvent en jeu et qui ont failli apporter quelque trouble dans une salle où il n'y en a jamais eu. Je dis que cette question est de la plus grande valeur, parce qu'elle touche au développement intellectuel de l'humanité. Personne ne contes-

tera qu'un citoyen n'aime son pays, sa famille, sa langue ; c'est sa personne même ; il ne peut penser que dans sa langue. Mais, à côté de cela, il y a les relations humanitaires; et la science qui en est l'organe: à mesure que l'humanité sera plus instruite, le nombre des savants augmentera partout. Prenons garde d'être devancés par les autres qui sont peut-être plus attentifs et plus désireux de s'instruire que nous, qui vivons pleins de confiance sur un passé intelligent. (*Applaudissements.*)

Pensons que si, par les efforts d'un grand citoyen de l'humanité, on trouve un moyen de relations qui soit commun à toutes les populations de la terre, il sera reçu à bras ouverts par tout le monde, parce qu'il sera un moyen de communication, de paix et de science ; par conséquent j'applaudis aux efforts faits dans ce but; qu'ils viennent de Chine, d'Angleterre, ou d'ailleurs, cela m'est égal!

Nous ne sommes mus que par cette pensée d'avoir une langue commune et de répondre à l'épouvantable légende de la Tour de Babel, qui a jeté la confusion sur la terre. (*Applaudissements prolongés.*)

M. LE PRÉSIDENT. — M. Casalonga a la parole.

M. CASALONGA. M. le Président, il est bien tard, et par suite de l'impression que vient de produire M. Cotard sur l'Assemblée, je crois que, si j'abusais de la parole, je perdrais une excellente occasion de me taire.

J'aurais voulu cependant dire quelques mots, pour ne pas laisser tomber complétement dans l'oubli la mémoire de Sudre; il me semble que, dans cette discussion, on ne s'est pas assez occupé de cet inventeur. Depuis 1827 jusqu'à 1867, toutes les classes de l'Institut de France, plusieurs commissions d'officiers généraux, diverses Académies, plusieurs Jurys d'Exposition, à Paris en 1855, à Londres en 1862, La Société d'Encouragement, le Ministère de l'Instruction publique, n'ont cessé de décerner des éloges, des encouragements, et jusqu'à un prix de 10,000 francs à la méthode de Sudre : et je m'imagine que si cet inventeur eût été vivant, et présent ici ce soir, il eût défendu avec succès cette langue universelle qu'il avait si bien combinée et perfectionnée, et dont un Dictionnaire existe dans plusieurs bibliothèques de l'État.

Je regrette qu'il n'y ait pas ici quelqu'un de ses élèves pour défendre sa méthode, comme j'ai essayé de le faire la dernière fois. J'avais pris alors la parole, comme aujourd'hui, à la fin de la séance, et je n'ai pu entrer dans de longs développements. Le peu que je connais de cette langue me permet de croire qu'elle mérite une sérieusse attention et qu'elle répond avec succès aux critiques qui ont été adressées au Volapük et à la langue de M. Maldant.

Sudre adopte un alphabet simple : les sept notes de la musique ; et, en ce qui concerne le nombre de combinaisons auxquelles ces sept

notes peuvent donner lieu, il est plus que suffisant, puisque M. Kerckhoffs disait que son dictionnaire comprenait 13000 mots seulement. Je crois que ce système de Sudre pourrait satisfaire à toutes les obligations d'une langue universelle. — J'aurais bien des choses à en dire ; mais l'heure est avancée, je ne veux pas abuser de la bienveillance de l'Assemblée en continuant.

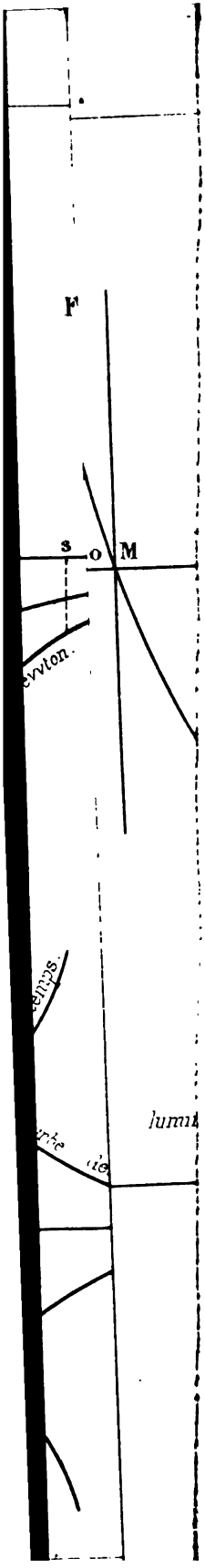
M. LE PRÉSIDENT. — Dans tous les cas, c'est une bonne inspiration qu'a eue M. Casalonga de parler à la fin de notre séance de la langue de Sudre, puisque c'est la langue de l'harmonie, et que, par conséquent, cette pensée doit contribuer à effacer les petites vagues qui se sont produites sur notre mer, habituellement très calme et très scientifique. (*Applaudissements.*)

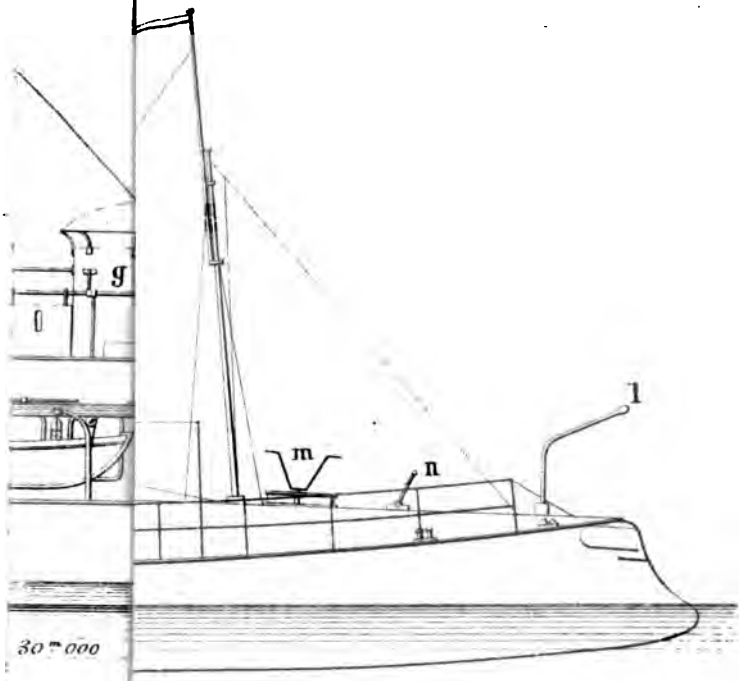
Je demande la permission de remercier tous ceux qui ont bien voulu prendre part à la discussion, et de remercier l'Assemblée elle-même. Il ne s'agit, dans la question soulevée, ni de littérature, ni d'art, mais de science, et surtout d'industrie et de commerce.

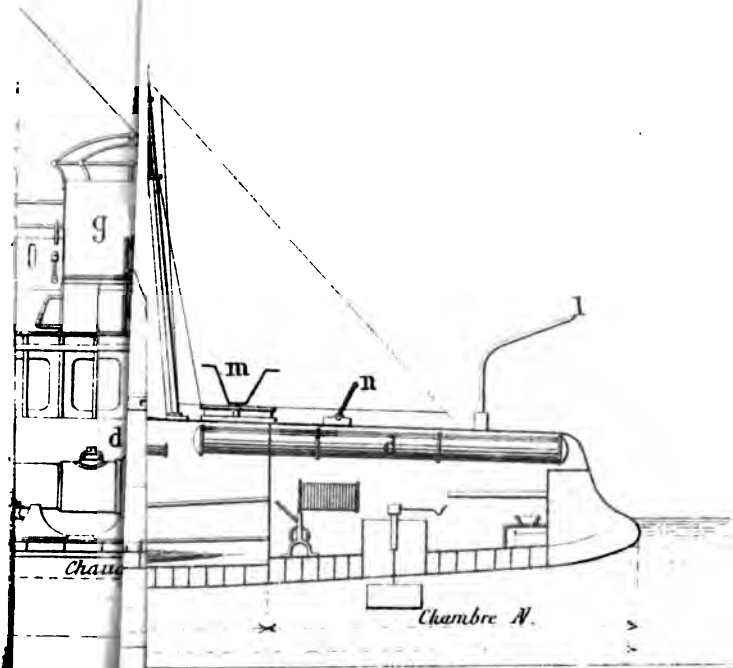
Si la langue universelle parvient jamais à s'établir, c'est dans cet ordre de conceptions, qu'elle sera utile et profitable.

La séance est levée à onze heures et demie.

IMPRIMERIE CHAIX — RUE BERGÈRE, 20, PARIS — 2593-6


F
S
O
M





Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 43, r. de Dunkerque.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

DÉCEMBRE 1885

N° 12

Sommaire des séances du mois de décembre :

1° Souscription officielle de la Société pour l'érection d'une statue à Denis Papin, dans la Cour d'honneur du Conservatoire des Arts et Métiers (séance du 4 décembre, page 755).

2° Souscription spontanée des membres de la Société, pour les victimes de la catastrophe de Chancelade (séance du 4 décembre, page 756).

3° Communication de M. A. Bonnet sur l'organisation et le service mécanique du nouvel Hôtel des Postes (séance du 4 décembre, pages 756 à 760).

4° Observation de M. A. Quéruel sur la communication précédente (séance du 4 décembre, page 760).

5° Exposé de la situation financière de la Société, par M. G. Loustan, trésorier (séance du 18 décembre, pages 762 à 764).

6° Election des membres du Bureau et du Comité pour l'année 1886 (séance du 18 décembre, page 765).

Pendant le mois de décembre, la Société a reçu :

1° Du Ministère des Travaux publics, un exemplaire de l'*Album de statistique graphique* pour 1884.

2° De M. Ernest Polonceau, membre de la Société, un exemplaire du Catalogue des objets exposés dans le pavillon de la Société autrichienne-hongroise privilégiée des chemins de fer de l'Etat, à l'exposition internationale de 1885, à Budapest.

3° De M. Hersent, membre de la Société, un album de photographies représentant les nouvelles installations maritimes d'Anvers, dans l'ordre de leur développement, de 1877 à 1884 ;

4° De M. Hauet, membre de la Société, un exemplaire de sa *Note sur le Chemin de fer de grande ceinture de Paris* ;

5° De M. O. Keller, ingénieur des Mines, un exemplaire de son *Exposé des résultats de l'enquête concernant l'âge et la durée du service des mineurs* et un exemplaire de son *Rapport à M. le Ministre des Travaux publics sur la statistique des caisses de secours pour les mineurs et des autres institutions de prévoyance ayant fonctionné sur les houillères en* 1882 ;

6° De M. Melon, membre de la Société, deux exemplaires de sa *Note sur la ventilation des ateliers industriels au moyen de l'aéro-phore ;*

7° De la Société technique de l'industrie du gaz en France, un exemplaire du compte rendu du douzième Congrès, tenu les 16 et 17 juin 1885, à Bordeaux ;

8° De M. Lucien Wyse, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage sur le *Canal de Panama* ;

9° De M. Georges Bianchi, membre de la Société, un Mémoire relatif à la barre de Rio-Grande du sud (Brésil) ;

10° De M. Parent, membre de la Société, un exemplaire de l'ouvrage M. le docteur Paul Redard, médecin en chef des chemins de fer de l'État, sur la désinfection des wagons ayant servi au transport des animaux.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE DÉCEMBRE 1885

Séance du 4 Décembre 1885

PRÉSIDENCE DE M. DE COMBEROUSSE

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès verbal de la séance du 20 novembre est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Greiner a été nommé officier de l'ordre de Léopold.

Il signale parmi les ouvrages envoyés à la Société :

Un exemplaire de l'*Album de statistique graphique* pour 1884, adressé par le ministère des travaux publics;

Un exemplaire du catalogue des objets exposés dans le pavillon de la Société autrichienne-hongroise privilégiée des chemins de fer de l'État, à l'Exposition internationale de 1885, à Budapest, adressé par M. Ernest Polonceau, membre de la Société;

Un exemplaire d'une *Note sur le chemin de fer de grande ceinture, de Paris*, par M. A. Hauet, membre de la Société.

On trouvera plus loin le détail des dons faits à la Société.

M. LE PRÉSIDENT croit devoir faire part à la Société du très beau cadeau que vient de lui offrir M. Hersent. Il a bien voulu faire rassembler pour nous les photographies admirablement venues de tout ce qui concerne les installations maritimes d'Anvers, depuis le commencement des travaux jusqu'à leur achèvement.

Ces photographies sont renfermées dans un magnifique album qui restera à la bibliothèque, où tous nos collègues pourront venir l'admirer. (*Très bien! très bien! Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT veut dire encore à la Société que, à la suite d'une

lettre qui nous a été adressée à la fois par M. Féray, sénateur, président de la Chambre syndicale des Mécaniciens, et par M. Laussedat, notre collègue, Directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers et membre honoraire de la Société, il a été décidé que la Société souscrirait une somme de 500 francs pour l'érection d'une statue à Denis Papin, dans la Cour d'honneur du Conservatoire. Nous avons déjà souscrit une somme de 500 francs pour l'érection d'une statue à Nicolas Leblanc, dans l'enfoncement de gauche de la cour d'honneur; il restait une place libre, à droite; il fallait combler cette lacune, en choisissant la gloire française la mieux appropriée. On avait élevé une statue à un grand chimiste sacrifié, il était naturel d'en élever une à un grand mécanicien malheureux.

M. Aimé Millet a bien voulu donner l'autorisation de faire une seconde coulée du bronze qui se trouve vers le haut du grand escalier de la ville de Blois; et cette somme de 500 francs que nous souscrivons contribuera à donner à la Cour d'honneur du Conservatoire, cet aspect artistique que nous serons heureux d'admirer quand nous irons contempler ces deux grandes gloires françaises.

M. LE PRÉSIDENT a enfin un vœu à présenter à la Société à propos de l'accident de Chancelade, dont nous nous sommes déjà entretenus.

Il y a deux séances, nous avions suivi un premier mouvement, après les paroles émues de M. Durupt, et j'avais dit : faisons une collecte. Un membre avait pensé alors que le Comité pouvait intervenir et faire participer la Société à cette œuvre. Je m'étais arrêté à cette solution par respect pour le Comité; mais, rentré chez moi, j'ai compris que je m'étais laissé entraîner un peu trop loin; car le Comité a la garde de la caisse de la Société, et nos ressources seraient bien vite épuisées, si nous entrions dans cette voie. Le Comité a bien voulu adopter un moyen terme et autoriser, pour aujourd'hui seulement, une souscription, dont M. Husquin de Rhéville, notre secrétaire-archiviste, ouvrira la liste à son bureau. Ceux des membres qui avaient voulu apporter leur obole, s'inscriront après la séance. Il n'y aura rien de personnel, et nous avons prié M. Durupt d'adresser en Périgord la somme recueillie, comme collecte faite à la Société des Ingénieurs Civils. Le Comité a jugé, avec raison, que c'était la meilleure manière de faire participer la Société à cette œuvre de générosité. Nous avons songé à la gloire en souscrivant pour Denis Papin; je crois que la Société voudra bien songer aujourd'hui aux malheureux qui, eux, n'ont pas la gloire pour se consoler dans leur détresse. (*Bravo! Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT. — L'ordre du jour appelle la communication de M. Bonnet sur l'organisation et le service mécanique du nouvel Hôtel des Postes, faisant suite à la communication de M. Guadet, qui, à la séance du 20 novembre, nous a exposé la partie esthétique avec l'am-

pleur que vous avez appréciée. M. Bonnet va nous faire l'exposé de toute la partie ménanique, dont la conception lui appartient.

M. Bonnet à la parole.

M. Bonnet rend hommage au talent de M. Guadet, l'éminent architecte, qui a bien voulu exposer lui-même les idées générales qui ont présidé à l'établissement du projet de reconstruction du nouvel Hôtel des Postes.

M. Bonnet rappelle que, pour diverses raisons qui ont été détaillées, les services ont dû être superposés, de là obligation de l'emploi de moyens puissants pour envoyer les produits postaux aux divers étages. Les dispositions mécaniques employées sont considérées par M. Guadet comme la véritable clef de toute l'organisation.

Les correspondances sont divisées en « périodiques » et « transbordement. »

Pour les périodiques, il y a un premier classement fait par les administrations qui expédient les imprimés. Ce classement doit être conservé et il faut des appareils spéciaux pour opérer la descente des ballots qui doivent recevoir le timbrage dans les salles du sous-sol.

Du sous-sol, les périodiques doivent être expédiées au premier étage où se fait le « départ. »

Le troisième étage doit être réservé aux périodiques pour les besoins des dépôts du matériel et du service spécial du jour de l'an.

Le « transbordement » n'a d'envois à faire qu'au premier étage et au deuxième étage. Le point de départ est le rez-de-chaussée où arrivent les tilburys et fourgons de la poste.

La distance des deux services est de $40^{m},60$.

M. Bonnet fait remarquer que la transmission du travail moteur en ces deux points se fera facilement, si l'on peut disposer d'un local entre le transbordement et les périodiques. Il n'en est pas ainsi.

Les machines des services de l'hôtel ne sont pas les seules à prévoir dans l'installation, il y a à ajouter les machines du service pneumatique et les machines motrices des dynamos quand le nouvel hôtel sera éclairé à la lumière électrique.

La grande façade de la rue Étienne-Marcel a seule permis de rencontrer les conditions indispensables au groupement des services moteurs.

Il résulte du choix imposé à cet emplacement qu'il y a une distance de

$$51^{m},22$$

de la salle des machines au transbordement, ce qui porte à

$$91^{m},82$$

la distance de cette même salle des machines aux périodiques.

M. Bonnet indique qu'en plus des services des périodiques et du transbordement, il faut assurer les services de l'eau dans l'hôtel.

L'eau de l'Ourcq est fournie gratuitement par la Compagnie générale des eaux. Le niveau statique est très variable, suivant les heures de la journée; mais, dans tous les cas, ce niveau ne permet pas d'alimenter directement le premier étage, et par suite le deuxième et le troisième étage ; il y a lieu d'établir des pompes pour envoyer cette eau de l'Ourcq dans les réservoirs établis dans les combles.

Le service d'incendie est assuré indépendamment du service intérieur par des conduites spéciales branchées directement sur le réseau de la Ville.

Le sous-sol ne peut verser directement à l'égout les eaux-vannes du sous-sol; ces eaux doivent être réunies dans une citerne et de là enlevées par des pompes qui les déversent dans l'égout de la rue Étienne-Marcel.

M. Bonnet passe ensuite à la détermination du travail moteur nécessaire :

1° Aux élévateurs des périodiques et du transbordement;

2° Aux services des eaux.

1° *Travail des élévateurs.* — Lorsqu'il s'est agi de fixer les chiffres devant servir à établir le projet définitif, on a demandé à la Direction des Postes le mouvement de détail des produits postaux pendant vingt-quatre heures. Les résultats des essais qui ont été faits ont servi à établir des graphiques qui sont mis sous les yeux des membres de la Société.

Les unités de temps et de quantités qui ont été choisies sont les suivantes :

Le quart d'heure pour le temps ; le panier d'un modèle spécial sur roulettes pour les quantités.

Le chargement maximum d'un panier est de 170 kilogrammes, ce qui constitue un poid brut, panier et chargement, de 200 kilogrammes.

De ces graphiques, il résulte que le maximum de travail se produit pour le soir de $6^h,15'$ à $6^h,30'$ au moment du départ des courriers; sa valeur est de

581 kilogrammètres par seconde.

On peut remarquer que c'est le service du transbordement qui a la plus grande importance, à la Poste.

2° Travail des services des eaux.

En ce qui concerne l'eau d'Ourcq, d'après les niveaux qu'il s'agit de desservir, le travail se trouve être calculé de

9 chevaux environ sur l'arbre de la machine motrice.

Pour le service des eaux-vannes, le calcul ne donne que

1 cheval environ.

La puissance de la machine motrice est alors déterminée par les considérations suivantes.

Le service des élévateurs demande :

1 581 kilogrammètres par seconde, non compris aucun terme de rendement.

L'administration a cru devoir prendre un coefficient de sécurité égal à 2 en doublant tout le matériel et en exigeant les essais sur l'ensemble.

On a donc 45 chevaux utiles et, avec un rendement de 50 0/0,

90 chevaux sur l'arbre.

Avec le service des pompes, la puissance totale est de

$$90 + 9 + 1 = 100 \text{ chevaux.}$$

M. Bonnet passe ensuite à l'examen du mode de transmission de la puissance motrice aux élévateurs qui sont situés aux distances de $51^{m},22$ et $91^{m},82$ de la salle des machines. Après avoir discuté les moyens connus aujourd'hui et employés industriellement, il conclut à l'emploi de l'eau sous pression de 50 kilogrammes par centimètre carré.

Il indique ensuite le programme qui a été imposé par l'administration pour l'établissement des machines et des pompes, ainsi que pour les élévateurs.

Pour les machines motrices, l'emplacement disponible a déterminé le groupement du système.

Les accumulateurs de pression sont dans la chambre des machines, ce qui a conduit à adopter deux étages pour l'ensemble des pompes et des machines. Les pompes sont en batterie et en partie placées sous la passerelle du service des machines.

Les conditions de marche intermittente, résultant des graphiques, indiquent que la mise en route doit être facile en tous les points de la course des pistons. On est donc amené à constituer chaque groupe de deux machines jumelles avec manivelles à 90° agissant sur un même arbre.

Il y a quatre pompes à mettre en mouvement par une commande directe ; la disposition, qui se présente naturellement comme donnant un groupement facile et symétrique, est celle qui serait formée de deux machines Compound, chacun des quatre cylindres commandant une pompe.

Les machines sont du système Woolf, les petits cylindres actionnant les pompes de compression de l'eau motrice des élévateurs, les

grands cylindres donnant le mouvement aux pompes de l'eau d'Ourcq et d'eaux-vannes.

La pression de la vapeur à l'entrée des cylindres est de 8 kilogrammes par centimètre carré.

Il y a deux groupes semblables afin de constituer un rechange en cas d'accident.

Les accumulateurs peuvent fournir l'eau nécessaire au fonctionnement des élévateurs pendant 3 minutes 30 secondes, temps pendant lequel l'un des groupes peut être mis en route s'il arrive un accident à l'autre groupe.

L'eau de condensation doit être rejetée aux égouts à la température de 30° centigrades; elle est fournie par un puits artésien foré par l'administration des Beaux-Arts *(Rires. Pourquoi les Beaux-Arts?)*.

M. Bonnet. — C'est l'administration des Beaux-Arts qui est chargée de la construction et de l'installation de l'Hôtel, et l'administration des postes et des télégraphes reçoit l'Hôtel construit, complètement installé et prêt à fonctionner, clefs en mains. Voilà la véritable situation.

M. Bonnet explique ensuite, sur les dessins exposés devant les membres de la Société, les détails de la canalisation dans la chambre des machines, puis il passe à la description des élévateurs des périodiques et du transbordement, et des dispositions spéciales qui ont été adoptées, pour le service même et pour la sécurité des employés des postes.

M. Bonnet termine en donnant tous les détails de l'ingénieuse application du frein Mégy, faite par MM. Sautter et Lemonnier, pour opérer la descente des ballots remis aux comptoirs des périodiques, sans modifier le classement fait par les administrations qui envoient les imprimés ou échantillons *(Applaudissements)*.

M. le Président remercie M. Bonnet de sa très intéressante communication, qui complète celle que M. Guadet a bien voulu faire. Il y aurait certainement lieu de demander des explications et d'ouvrir une discussion sur ce sujet; mais cette discussion sera beaucoup plus précise quand, sous la conduite de MM. Guadet et Bonnet, nous aurons visité l'Hôtel des Postes; de sorte que, si quelques membres désiraient demander quelques explications, nous leur donnons rendez-vous à une séance ultérieure, lorsque la visite aura eu lieu. Cette visite sera d'ailleurs annoncée, pour que nous puissions profiter en grand nombre de cette gracieuseté de M. Guadet. Nous remercierons ensuite M. le Ministre.

M. Quéruel demande la parole.

M. le Président. — M. Quéruel a la parole.

M. Quéruel. — Il est certainement désirable qu'il y ait une discussion sur un sujet aussi complexe et aussi considérable; mais il est une question qui peut être posée dès ce moment. Il y a un point qui

a fort étonné M. Quéruel, c'est que M. Bonnet ait pensé que dans les machines à vapeur, telles qu'on peut les construire aujourd'hui, le maximum de rendement de vapeur soit à dix volumes de détente. Cette question a été fort controversée ; M. Quéruel peut dire qu'on a réalisé, depuis sept ou huit ans, des maxima de détente qui atteignent jusqu'à vingt-cinq volumes. Il lui paraît surprenant que M. Bonnet ne soit pas au courant de cet avantage.

M, LE PRÉSIDENT dit que M. Quéruel peut faire cette observation, car tout membre est libre de présenter des observations ; mais notre collègue doit être sûr que M. Bonnet est parfaitement au courant de cette question; et, s'il a employé telle ou telle disposition, c'est que, bien certainement, il en a pesé tous les avantages et tous les inconvénients.

Si M. Quéruel avait dit : Je désirerais que M. Bonnet nous indiquât pourquoi il a adopté tel ou tel système, M. Bonnet pourrait répondre ; mais venir dire à brûle-pourpoint : Je suis étonné que M. Bonnet n'ait pas eu connaissance de ce perfectionnement, M. le président trouve qu'il est dangereux de parler ainsi.

M. Bonnet veut-il répondre un mot à M. Quéruel ?

M. BONNET répondra lors de la discussion générale.

M. LE PRÉSIDENT. — Nous renvoyons donc ce point intéressant à la discussion générale. M. Quéruel pourra alors renouveler sa demande, et M. Bonnet aura, sans aucun doute, une réponse à lui faire.

Personne n'a d'autre observation à présenter ?

Messieurs, nous remercions encore M. Bonnet, et nous vous donnons rendez-vous à une séance ultérieure, lorsque nous aurons visité le nouvel Hôtel des Postes.

La séance est levée à dix heures et demie.

Séance du 18 Décembre 1885.

PRÉSIDENCE DE M. DE COMBEROUSSE

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Conformément à l'article 17 des Statuts, M. le Trésorier donne communication de l'exposé de la situation financière de la Société.

M. LOUSTAU indique que le nombre des Sociétaires, qui était, au 19 décembre 1884, de 2068
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, de. . . 102
2170

A déduire, par suite de décès, démissions et radiations pendant l'année. 89

Nombre total des Sociétaires au 18 décembre 1885. 2081

Les recettes effectuées pendant l'exercice de 1885 se sont élevées à :

1° Pour le service courant (droits d'admission, cotisations, locations de salles, intérêts d'obligations, vente de Bulletins, annonces)	78 203 84	
2° Pour le fonds social inaliénable, 11 exonérations. . . . . 6 600 »	8 399 75	91 995 79
3° 7 dons volontaires. 1 799 65		
4° Conversion en espèces de 15 obligations au porteur provenant du legs Le Roy	5 392 20	
Il reste à recouvrer en droits d'admission et cotisations:		14 824 »
Total de ce qui était dû à la Société. . . .		106 819 79

Au 19 décembre 1884, le solde en caisse était de	10 371 55	102 367 34
Les recettes effectuées pendant l'exercice 1885 se sont élevées à.	91 995 79	
A reporter.		102 367 34

Report.		102 367 34
Les sorties de caisse de l'exercice se sont élevées à :		
1° Pour dépenses courantes diverses (impressions, appointements, contributions, assurances, affranchissements, intérêts de l'emprunt, etc.).	79 262 09	85 262 09
2° Emploi du fonds du capital inaliénable : remboursement de 10 obligations	6 000 »	
Il reste en caisse à ce jour.		17 105 25

D'après le détail de la situation présentée par le Trésorier, le fonds courant et le capital inaliénable sont constitués de la manière suivante, à la date du 18 décembre 1885.

L'avoir du fonds courant se compose :

1° De l'encaisse en espèce.		4 549 03
2° De 262 obligations du Midi, ayant coûté		92 720 54
Total du fonds courant.		97 269 57

La Société possède en outre comme fonds social inaliénable :

1° En espèces.	12 556 22	18 556 22
2° 19 obligations du Midi, provenant du legs Nozo.	6 000 »	
3° Un hôtel dont la construction a coûté. .	278 706 90	269 706 90
sur lequel il reste à payer	9 000 »	
Total de l'avoir de la Société.		385 532 69

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que le legs GIFFARD, encaissé enfin le 16 décembre, ne figure pas dans le Résumé qui précède.

M. LE PRÉSIDENT met aux voix l'approbation des comptes du trésorier ; ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Loustau de son zèle et de son dévouement aux intérêts de la Société.

M. LOUSTAU demande la parole.— Il veut annoncer à l'Assemblée qu'il donne sa démission des fonctions de Trésorier qu'il a exercées pendant trente-quatre ans, c'est-à-dire depuis 1851. Il croit servir les intérêts de la Société, en proposant de les confier à un plus jeune que lui, et en recommandant la candidature de M. Hallopeau, dont le mérite est connu de tous. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT exprime les regrets que cause à la Société la décision prise par M. Loustau. Il espère que M. Loustau pourra ne pas nous quitter entièrement et nous faire profiter encore de ses lumières et de son dévouement. *(Approbation.)*

ÉTAT COMPARATIF DES EXERCICES DE 1878 A 1885

INDICATIONS	20 DÉCEMBRE 1878	19 DÉCEMBRE 1879	17 DÉCEMBRE 1880	16 DÉCEMBRE 1881	15 DÉCEMBRE 1882	21 DÉCEMBRE 1883	19 DÉCEMBRE 1884	15 DÉCEMBRE 1885
Nombre de Membres ...	1526	1577	1800	1922	1984	2037	2068	2081
Membres admis pendant l'Exercice.....	150	98	264	180	110	132	98	102
Membres décédés.....	18	17	21	24	23	36	34	31
Membres démissionn^res.	13	14	7	17	8	17	11	10
Membres rayés.....	13	16	13	17	17	26	22	48
Membres exemptés.....	11	5	3	25	6	10	11	17
Exonérations de 600 fr..	13	9	23	16	7	11	5	11
Legs	»	Gil Claudio 5.000fr	»	»	2 legs à recevoir	Le Roy 5.000fr	1 legs à recevoir	2 legs à recevoir (*)
Dons volontaires	»	72fr »	3.658fr 75	6.509fr 25	3.128fr 50	1.368 25	673fr »	1.799fr 75
Encaissements de l'Exercice.....	63.612fr 74	68.346 74	81.454 84	89.090 33	77.373 68	88.675 93	82.585 84	91.995 79
Achat d'Obligations du Midi.....	(29) 10.605 25	(25) 9.552 54	(11) 5.348 50	(26) 10.323 95	(16) 3.730 »	(48) 17.429 65	»	(28) 10.358 28
Remboursement d'Obligations sociales	(14) 7.000 »	(9) 4.500 »	(20) 10.000 »	(33) 16.500 »	(33) 16.500 »	(14) 7.000 »	(11) 5.500 »	(13) 6.000 »
Sommes dues.....	16.577 »	11.847 »	13.521 »	12.576 »	15.893 »	17.217 »	18.064 »	»
Sommes restant en caisse	18.529 04	19.400 26	21.142 63	17.699 89	15.279 30	13.518 31	10.371 55	»
Dépenses de l'Exercice..	45.131 10	52.371 27	57.570 43	65.709 12	59.564 27	66.007 27	80.232 60	79.262 09

(*) Le legs Giffart, n'ayant été délivré que le 16 décembre, ne pourra figurer que dans la deuxième quinzaine de décembre 1883.

Il est ensuite procédé au vote pour l'élection des Membres du Bureau et du Comité pour l'année 1886.

Ces élections ont donné le résultat suivant :

BUREAU

Président :

M. Hersent (Hildevert).

Vice-Présidents :	*Secrétaires .*
MM. Contamin (Victor).	MM. Bertrand de Fontviolant (Eug.).
Brüll (Achille).	Clerc (Jules-Auguste).
Eiffel (Gustave).	Vallot (Henri).
Périssé (Sylvain).	Max de Nansouty.

Trésorier : M. Hallopeau.

COMITÉ

MM. Bonnet (Auguste).	MM. Carimantrand (Jules).
Mallet (Anatole).	Armengaud (Jules).
Garnier (Jules).	Buquet (Paul).
Lavezzari (Émile).	Badois (Edmond).
Boistel (Georges).	Flachat (Ivan).
Rey (Louis).	Boudenoot (Louis).
Reymond (Francisque).	Regnard (Louis).
Herscher (Charles).	Morandière (Jules).
Cotard (Charles).	Hauet (Alfred).
Salomon (Georges).	Simon (Édouard).

L'ASSAINISSEMENT DE TOULON

AVANT-PROJET

DE

M. L'INGÉNIEUR EN CHEF DYRION

Note par M. Alfred Hauet

Lorsqu'en 1884, le choléra désola le midi de la France, faisant de nombreuses victimes et produisant chez les populations un affolement qui se traduisit, dans certaines villes, par un exode des habitants, qu'on devait croire incompatible avec notre degré de civilisation ; les médecins et les hygiénistes pensèrent que l'insalubrité de Toulon pouvait bien n'être pas étrangère à l'éclosion et surtout à la propagation du terrible fléau.

Une commission, sous la présidence du maire, se réunit à Toulon le 26 juin 1885 ; elle était composée de deux médecins, de sept ou huit ingénieurs de l'État et de trois conseillers municipaux. C'est à la suite de cette réunion que M. l'ingénieur en chef Dyrion dressa l'avant-projet dont je vais donner un résumé succinct.

Quelques mots sur Toulon ne seront assurément pas superflus.

On connaît la situation topographique de cette ville sur la côte de Provence, adossée à des masses calcaires, avec sa grande rade séparée de la haute mer par la presqu'île de Cépet, reliée à la terre ferme par l'isthme des Sablettes, de formation récente, n'ayant que 200 mètres de largeur et 2 mètres de hauteur ; sa petite rade au nord de laquelle se trouvent ses ports et l'enceinte fortifiée qui enserre la ville et les établissements militaires.

Toulon n'a que 60 jours de pluie par an et le mistral, ce vent froid et violent qui balaie la Provence, n'y souffle guère. Mais, s'il ne pleut pas souvent, les pluies de $0^{m},04$ par heure n'y sont pas rares.

Le Toulon que nous connaissons date de Louis XII, qui fit la grosse tour. Il existait déjà cependant à l'époque romaine, car j'ai lu quelque part qu'il y avait alors une teinturerie de pourpre utilisant le petit coquillage appelé murex.

Henry IV s'intéressa à Toulon, mais c'est Vauban et Louis XIV qui firent l'enceinte actuelle.

Nous nous rappelons tous les deux fameux sièges de Toulon : celui de 1707, parce que les femmes aidèrent les Toulonnais à repousser les assiégeants ; — celui de 1793, parce qu'il est intimement lié à la fortune naissante de Bonaparte alors que les royalistes d'Aix et de Marseille avaient livré la ville à l'Étranger.

On nous a appris que Bonaparte qui commandait l'artillerie par intérim émit l'idée que, pour se rendre maître de la situation, il fallait prendre le fort de l'Eguillette, réputé imprenable. Thiers raconte que ce fut un capitaine d'artillerie du nom de Muiron qui, dans la nuit du 18 décembre, monta à l'assaut pendant un orage épouvantable, surprit les occupants et les chassa, ce qui fit fuir la flotte ennemie.

A l'époque contemporaine, c'est de Toulon que partit la flotte de 600 navires qui alla prendre Alger; c'est à Toulon encore qu'on arme les bateaux et qu'on embarque les troupes qui vont dans les mers d'Orient à la conquête de terres nouvelles. Il est donc d'intérêt national de rendre Toulon salubre. M. l'ingénieur en chef Dyrion nous donne les renseignements suivants sur l'insalubrité de cette ville.

La population civile est de 58,000 habitants. La mortalité en temps normal est de 33,8 par 1,000 habitants, dont 1 pour mille de fièvre typhoïde. A Londres, pays de brouillard et de misère, elle n'est que de 23 pour mille.

La mortalité d'ensemble pour la population militaire de 12,000 hommes est de 30,30 pour mille, dont 13,20 de fièvre typhoïde.

La moyenne des fièvres typhoïdes dans l'armée de France est de 3,30. Toulon, arsenal militaire, port d'embarquement de troupes,

a donc, au point de vue du typhus, un coefficient de mortalité quatre fois plus désavantageux que le reste de la France.

La fièvre typhoïde ne frappe, à Toulon, que les étrangers à la ville. M. Galliot, médecin de la marine, a démontré qu'une maladie qui atteint les toulonnais dans leur très jeune âge les vaccine pour ainsi dire et les met à l'abri du typhus.

A l'heure présente, sur 3,500 maisons dont se compose la ville, à rues généralement très étroites, il y en a 3,000 qui sont complètement dépourvues de tout ce qui constitue l'hygiène la plus élémentaire, les 500 autres ont des tinettes ou des cabinets d'aisances. Les produits nocturnes de ces 3,000 maisons sont jetés au ruisseau et se rendent partie dans la vieille darse, partie dans les fossés des fortifications de l'Est.

On voit, sans qu'il soit nécessaire d'insister, ce que doit être à certains moments l'atmosphère des appartements, celle de la rue et la qualité de l'eau des puits.

Nous pouvons nous en faire une idée, en été, par les odeurs de Paris où les bouches d'égout, par un motif que j'ignore, mais qui doit être bien puissant, ne sont munies nulle part, je crois, des fermetures hermétiques qu'on rencontre dans quelques villes en province.

De cette situation de Toulon, M. l'ingénieur en chef Dyrion conclut que la chose la plus urgente à faire, c'est de recueillir les eaux salies et les matières alvines dans une canalisation souterraine et de les conduire au loin en mer sans laisser séjourner les unes et les autres ni dans les appartements, ni dans les égouts; et, cela fait, ou en cours d'exécution, de s'occuper de l'haussmanisation de la ville.

Je ne vous entretiendrai que de la chose urgente.

Quel système d'égouts convient-il d'établir? C'est la première question que l'auteur du projet s'est posée à lui-même.

Faut-il des égouts recevant en même temps que les eaux salies les eaux pluviales; ou bien doit-on s'en tenir à des égouts recueillant seulement les eaux salies? C'est à ce deuxième parti que s'est arrêté avec raison M. Dyrion, et l'ensemble de son projet peut se résumer ainsi :

Réunir toutes les eaux salies et matières alvines sur un point de la ville, installer en ce point des pompes puissantes et refouler le

liquide jusqu'à la mer avec la possibilité d'utiliser tout ou partie du liquide pour l'irrigation des terres.

En quel endroit de la côte peut-on rejeter les eaux? (Fig. 1, Pl. 109).

A l'est, la plaine de la Garde a une grande étendue, les terrains sont argileux et peu perméables; d'autre part, le cube non utilisé devrait être déversé à la mer près de Sainte-Marguerite ; mais il y a des villas nombreuses qui s'accommoderaient mal de ce voisinage ; en outre, les courants renverraient les immondices vers la rade.

La plaine, entre Ollioulles et Saint-Nazaire à l'ouest, se prêterait bien à une solution technique satisfaisante ; mais ce sont les habitants de Saint-Nazaire qui se récrient.

Reste une troisième solution, au sud, qui paraît la plus rationnelle et que l'auteur du projet adopte parce qu'elle réunit les conditions de refoulement économique et d'évacuation convenable se répandant au large sans incommoder personne. La conduite de 14 k. 5 de longueur sans dénivellation bien sensible (Fig. 2, Pl. 109) viendra aboutir au sud de l'isthme des Sablettes du côté de la batterie des Fabrégas.

Ce point acquis, il convient de fixer l'emplacement de la station des pompes.

A la première inspection du plan, il semble que le Pont-du-Las doit être choisi, mais en étudiant de près la question, en considérant les altitudes, les profondeurs respectives des tranchées des conduites; cette opinion première se modifie, d'autant plus qu'outre la conduite de refoulement principale, il y a lieu d'établir une conduite de refoulement accidentelle pour les cas extraordinaires et pour l'écoulement des eaux qui arriveront la nuit. On est amené ainsi à faire déboucher cette conduite accidentelle par le tunnel de La Malgue à l'extrémité de l'égout existant au Mourillon. De la sorte les deux conduites de refoulement formeront un circuit autour de la ville. L'auteur du projet, tous calculs faits, place, par raison d'économie, la station des pompes en arrière du bassin de commerce de la Rhode.

Le problème ainsi posé, les autres inconnues se déterminent à l'aide de données connues ou prévues en chiffres d'une approximation suffisamment voisine de la vérité.

La population de 70,000 habitants comprend 10,000 marins qui

logent à bord et 10,000 suburbains; c'est donc en réalité 50,000 habitants qu'on doit desservir.

Toulon dispose journellement de 14,000 mètres cubes d'eau; or, des expériences faites en 1869 par MM. Mille et Durand-Claye il résulte que le débit à l'extrémité des collecteurs de Paris, est de 0,70 de l'eau distribuée. A Toulon l'évaporation sera plus considérable; en admettant néanmoins ce coefficient, on voit qu'il faut pourvoir à l'enlèvement de 10,000 mètres cubes par jour à la station des pompes.

Dans ces conditions, en supposant que les tuyaux couleront à moitié pleins, en fixant les pentes des collecteurs principaux et secondaires de façon à assurer une vitesse de $0^m,75$ qui permet aux immondices de parcourir en une heure le trajet qui sépare l'extrémité du réseau de la station des pompes, M. l'ingénieur Dyrion donne :

Au collecteur principal, qui part de l'altitude $22^m,64$ pour aboutir à celle—3 mètres, un diamètre intérieur croissant de $0^m,20$ à $0^m,625$;

En divisant la ville par sections de 5 à 6,000 habitants, il donne aux collecteurs secondaires un diamètre de $0^m,20$ à $0^m,25$ avec des pentes supérieures à 0,005 pouvant débiter 20 à 25 litres ;

Aux branchements de canalisation un diamètre ne dépassant pas 0^m20;

Aux tuyaux de chute $0^m,10$, et aux siphons des éviers et des closets de 0,07 à 0,10.

Les collecteurs principaux sont prévus à $2^m,50$ de profondeur mesurés de la génératrice supérieure des tuyaux.

Les collecteurs secondaires s'y raccordent de façon à obtenir une chute de la hauteur du diamètre à l'entrée du collecteur principal.

La canalisation sera formée d'éléments rectilignes, avec regards à chaque changement de direction espacés entre eux de 60 à 100 mètres en moyenne; ces regards seront recouverts par des plaques en fonte (Fig. 3, Pl. 109) percées d'ouvertures concentriques qui, grâce à la vitesse de $0^m,75$, formeront appel d'air entraînant les émanations; une gouttière en tôle recueillera les détritus, sable, etc., de la rue et les empêchera d'obstruer la conduite.

Il y aura en outre en tête de chaque collecteur une chambre

de chasse de 5 mètres cubes, ainsi qu'au droit des sept fontaines publiques monumentales qui assureront une chasse toutes les deux heures. Des chambres de 500 litres (Fig. 8, Pl. 109) seront placées à l'extrémité des canalisations de rues qui ne pourront pas recevoir l'eau d'un collecteur.

Toutes ces chambres espacées en moyenne de 450 mètres seront alimentées par les eaux de la ville, les fontaines et les eaux pluviales de la toiture d'une maison sur quinze tombant directement dans la canalisation et pouvant prendre la direction du ruisseau par les pluies exceptionnelles.

Les dimensions des tuyaux déterminées, l'auteur du projet par des considérations générales et locales très étudiées est amené à conclure qu'on pourra faire usage de tuyaux en ciment ou en poterie posés au ciment sur certains parcours; que sur d'autres points, il conviendra de poser des tuyaux en poterie, à la condition de faire tous les 2 mètres des joints en corde goudronnée et argile; et enfin, que là où on rencontrera l'eau, la canalisation devra être établie en fonte ainsi que celle des collecteurs.

Un fait signalé par M. Dyrion pourrait bien finalement faire adopter la fonte d'une manière générale.

A Toulon il existe peu d'usines susceptibles d'envoyer des eaux acides dans les conduites, et les matières alvines et urines formeront un volume de 50 mètres cubes seulement dilués dans 10,000 mètres d'eau.

Le fait signalé est celui-ci : une conduite en fonte de $0^{m},10$ de diamètre sert depuis 25 ans à l'écoulement d'un urinoir ; cet urinoir n'est pas lavé par un filet d'eau, on l'a retiré, il était revêtu intérieurement d'une crasse qui enlevée a mis le métal à nu et a fait voir une usure de 1 millimètre sur le fond seulement où se fait l'écoulement; or, ajoute M. Dyrion, ce tuyau a subi depuis 25 ans l'influence de tous les sels et acides employés comme désinfectants pendant les épidémies.

Ainsi que nous l'avons dit 3,000 maisons ayant quatre et cinq étages sont dépourvues de tout récipient à immondices et à eaux sales; il ne suffira donc pas d'établir des canalisations souterraines il faudra encore relier ces canalisations à chacun des étages de ces 3,000 maisons et d'un certain nombre des 500 autres. Or, l'exiguïté de certains appartements est telle qu'on ne peut installer de cabi-

nets à l'intérieur et que les jettoirs devront être appliqués contre le mur à l'extérieur.

M. Dyrion projette des tuyaux de chute verticaux allant jusqu'à la toiture pour l'aération, avec branchements aux étages et réservoirs de chasse (1).

Au bas du collecteur principal à la cote — 3, toutes les eaux arriveront dans une chambre d'épuration (Fig. 4, Pl. 109) divisée par trois grilles destinées à arrêter les menus détritus de cuisines, papiers, bouchons, etc., pour aboutir au puits d'aspiration des pompes dans lequel des boîtes de clapets seront placées suivant une ligne d'axe.

La conduite de refoulement (Fig. 2, Pl. 109) dont nous avons parlé précédemment en fonte de $0^{m},60$ de diamètre à cordon et emboîtement avec joints au plomb sera munie de vannes et de ventouses. A son extrémité, en avant de la vanne d'arrêt, se trouvera un embranchement aboutissant au sommet d'un mamelon de 30 mètres de hauteur.

Cet embranchement sera terminé par une cheminée de 7 mètres de hauteur qui aura pour effet de régler la pression dans la conduite; un flotteur permettra de constater la charge pendant les irrigations, cette cheminée servira en même temps de soupape de sûreté.

A l'arrivée à la mer sur 300 mètres la conduite sera plongée pour atteindre les fonds de 5 mètres; dans cette partie on emploiera les tuyaux à joints sphériques (2) du système de notre confrère Badois (Fig. 5, Pl. 109). Le liquide mettra sept heures à faire le trajet.

Le bâtiment des machines aura $31^{m}50$ sur $24^{m}50$.

Il y aura 3 machines Compound de 60 chevaux sur les pistons, avec pompes en prolongement de la tige de piston de la machine.

Au sujet de ces machines, M. Dyrion s'exprime textuellement ainsi dans son rapport :

« Les dimensions des pompes et des machines devront être déter-

(1) M. Cerbelaud, membre de la Société, donne une description de ces chasses dans les annales de la construction d'Oppermann, numéro de juin 1885.
On trouve aussi des détails sur l'application de ces réservoirs dans le bulletin de la Société de mai 1885. Communication de M. P. Guéroult, page 677.

(2) Des applications de ces joints ont été faites à Corinthe, à Panama, à Evreux et à Albi, etc., etc.

» minées par le constructeur auquel seront fixées les conditions » à remplir. Il convient de lui donner toute liberté d'action. »

Néanmoins, M. Dyrion donne un calcul de la machine dont les données sont :

100 litres montés à 30 mètres (travail maximum à réaliser par une machine,)

Travail en eau montée, 40 chevaux,

20 tours par minute,

Travail sur le piston à vapeur $40 \times 1{,}50 = 60$ chevaux ou 4,500 kilogrammètres.

Pression de la chaudière, 5 kilog.,

Introduction dans le petit cylindre, 0,40.

Rapport des surfaces des cylindres, 3.

Je ne parle pas des bâtiments qui rentrent dans les types connus et je ne mentionne que pour mémoire un égout pour les eaux pluviales à construire sous le boulevard de Strasbourg, suivant le type de Berlin (Fig. 10, Pl. 109).

En résumé la dépense de construction s'établit ainsi:

Canalisation	955,691 fr.	57
Jonctions des maisons.	78,125	00
Station des pompes.	258,926	83
Machines	220,000	00
Conduites de refoulement	1,255,343	50
Egout du boulevard de Strasbourg.	134,638	10
	2,903,725 fr.	00
Somme à valoir $^1/_{10}$ environ. . .	296,275	00
	3.200,000 fr.	00

La dépense à faire dans les maisons peut s'élever suivant les cas à 140, 215, 225 et 260 francs, correspondant à une dépense d'eau annuelle de 6 francs pour les premier et deuxième cas, et de 10 et 15 francs pour le troisième et le quatrième.

Les travaux incombant directement aux propriétaires de ce chef monteront à environ 700,000 francs.

Quant aux dépenses annuelles d'exploitation M. Dyrion les fixe ainsi :

Personnel	23.000 fr.	
Charbon	33.000	comprenant 3,500 fr. d'octroi (à raison de 2,500 kil. par jour) soit 90 francs.
Divers	12.000	
Soit en chiffres ronds	70.000 fr.	correspondant à 1 1/2 0/0 de la valeur locative des maisons de la ville.

Un chapitre très intéressant du projet est celui relatif à l'utilisation agricole.

M. Dyrion donne d'après le docteur Francklan, la réponse à la crainte exprimée qu'à la longue les irrigations n'aient des effets funestes et puissent engendrer des maladies par suite de la présence de certaines bactéries dans le sevage, j'emploie ce mot usité chez les Anglais à défaut d'autre équivalent en français: « Il a » été maintes fois constaté en Angleterre que, même infecté par » le choléra ou la fièvre typhoïde, le sevage n'a jamais, lorsqu'il » a été employé aux irrigations, transmis de maladie, soit à ceux » qui vivent sur les terres arrosées, soit à ceux qui en consom- » ment le produit. »

Le cube de sevage rationnel paraît être de 8,000 mètres par hectare, M. Dyrion cite ce fait de terres qui ayant reçu 7,500 mètres cubes, ont donné le même produit que d'autres analogues ayant été recouvertes de 44,000 mètres!

Le prix de la dépense supplémentaire pour élever les eaux dans les terrains à irriguer, est évalué à 0 fr. 03 le mètre cube, correspondant à une redevance de 220 francs par hectare. Il n'est pas douteux qu'à ce prix, dit l'auteur du projet, avant un certain nombre d'années, tous les propriétaires intéressés s'empresseront de demander l'eau d'irrigation et on n'aura plus rien à envoyer à la mer.

Le système que par l'étude et le raisonnement M. l'ingénieur Dyrion a été amené à adopter pour la réunion des eaux vannes et matières alvines sur un point déterminé, a beaucoup d'analogie avec celui qui a été expérimenté avec succès à Paris même, dans le quartier du Marais, par notre confrère M. E. Pontzen. C'est le

système du colonel Geo, E. Waring dont M. Dyrion ne connaissait point les ouvrages, système dont la première application a été faite à Memphis aux Etats-Unis. Memphis ville de 40,000 habitants, était insalubre à ce point qu'en 1879 la question fut sérieusement agitée de savoir si on ne la ferait pas disparaître parce qu'elle était un foyer d'incubation des épidémies menaçant toute la vallée du Mississipi. Dans une brochure de M. Pontzen (1), qui se trouve à la bibliothèque de la Société, on trouve des détails très intéressants et j'en extrais le principe fondamental du système Waring précisé par les quatre points suivants :

1° Emploi pour la construction des égouts de conduites de faible diamètre, uniquement affectées à l'évacuation des eaux-vannes et des matières fécales, à l'exclusion des eaux de pluie;

2° Ventilation obtenue dans les conduites et dans les embranchements en communication avec les maisons particulières par un certain nombre de prises d'air et de cheminées d'appel s'élevant au-dessus des toits;

3° Communication directe de chaque branchement particulier avec la conduite, sans interposition d'aucun diaphragme ni aucune fermeture hydraulique;

4° Lavage journalier des conduites au moyen de chasses pour lesquelles on utilise l'eau accumulée dans des réservoirs placés à leur origine d'amont.

Les réservoirs et les chambres de chasse dans le système Waring (Fig. 6 et 7, Pl. 109) comme dans celui adopté par M. Dyrion (Fig. 8 et 9), quoique d'un dessin différent, sont conçus dans le même esprit.

Pour mettre à exécution le projet que je viens de résumer trop incomplètement peut-être, on conçoit qu'il est nécessaire d'édicter des prescriptions administratives. M. Dyrion en donne le libellé complet, ainsi que celui du projet de loi qui devra forcément les précéder.

Enfin, un dernier chapitre indique les formalités à remplir avant d'arriver à la promulgation de la loi à intervenir; — je vous en fais grâce. — Ces formalités minutieuses sont, je le sais, la sauvegarde de la chose publique; mais il arrive quelquefois que ceux qui sont

(1) Baudry, éditeur. 15, rue des Saints-Pères, Paris. « Première application à Paris en 1883 de l'assainissement suivant le système Waring. »

chargés de les accomplir s'arrêtent plus à la lettre qu'à l'esprit qui les a dictées. C'est ce qu'on appelle dans le langage courant : les lenteurs administratives.

En terminant, je crois devoir faire remarquer que le projet de M. Dyrion est surtout un programme; que cet ingénieur ne préconise nullement le mode d'exécution directe par l'administration et qu'il semble au contraire faire appel à l'initiative privée; ce qui nous parait à nous le système préférable; les ingénieurs de l'Etat exerçant alors une mission de contrôle, une sorte de magistrature des travaux publics.

Alors qu'on voit chaque jour au *Journal officiel* des concessions de chemins de fer dits d'intérêt local ou colonial, en avance d'un siècle, peut-être, sur le trafic qu'ils sont appelés à desservir, espérons que l'assainissement de Toulon n'attendra plus longtemps sa déclaration d'utilité publique.

Octobre 1885.

OBSERVATIONS TECHNIQUES

A PROPOS D'UN

MÉMOIRE DE M. L'INGÉNIEUR BOUDENOOT [1]

SUR LA

DISTRIBUTION DE LA FORCE MOTRICE A DOMICILE

au moyen de l'air raréfié

PAR

M. PIARRON DE MONDESIR

J'ai lu avec un grand intérêt ce mémoire très remarquable, dont l'auteur est en même temps un savant et un praticien.

Il s'est proposé, avec le concours de M. Petit, de donner à la petite industrie parisienne un moteur économique et peu volumineux basé sur une différence de pression de 3/4 d'atmosphère.

Pour cela, ces ingénieurs établissent un atelier central dans lequel une pompe d'extraction entretient une pression, aussi constante que possible, d'un quart d'atmosphère, dans une canalisation dont les rameaux viennent se terminer aux petits moteurs qu'ils installent dans les chambres des ouvriers.

La force de ces petits moteurs peut descendre à un dixième de cheval, et même au-dessous, suivant les besoins de l'industrie en chambre.

Comme c'est l'air atmosphérique lui-même qui agit sur le piston du moteur, en se détendant et en se refroidissant, la température de la chambre de l'ouvrier ne peut que s'abaisser.

Ce sera un inconvénient pendant l'hiver, auquel il sera facile de remédier par le chauffage ; mais ce sera un avantage en été, et

(1) Voir le Bulletin de mars 1885.

même un grand avantage, car il est plus facile de combattre le froid que la chaleur.

Cette application nouvelle comporte une grande simplicité.

Elle est hygiénique, et rendra certainement service à la petite industrie parisienne.

Je ne m'étendrai pas davantage sur le côté pratique de la question.

Les observations qui vont suivre sont de l'ordre théorique. Elles auront trait d'abord au fonctionnement des moteurs en chambre, où, pour me servir de l'expression de l'auteur, des machines réceptrices, puis ensuite au fonctionnement de la pompe d'extraction.

Les valeurs et formules, sur lesquelles je baserai mes calculs, ont été publiées dans deux communications à la Société, en mars et avril 1881. Je les rappelle ici :

α coefficient de dilatation des gaz . . . . . $\frac{1}{270}$

ϖ pression atmosphérique harmonique par mètre carré. . $10{,}368^k$

Poids atomique de l'air, celui de l'hydrogène étant 1 . . $14{,}40$

Poids du mètre cube d'air sous la pression harmonique ϖ et à la température o. . . . . $1^k{,}296$

Chaleur spécifique de l'air à pression constante. . . . . $\frac{1}{14.40}$

E équivalent mécanique de la chaleur . . . . . $\frac{1280}{3} = 426.67$

Compression des gaz, sans chaleur (loi de Mariotte) . . $\frac{p}{p_0} = \frac{V}{v_0}$

Compression des gaz, avec chaleur (loi nouvelle) . . . $\frac{P}{p_0} = \left(\frac{V}{v_0}\right)^z$.

1° MACHINES RÉCEPTRICES

MM. les ingénieurs Petit et Boudenoot introduisent d'abord l'air atmosphérique moteur à pleine pression dans le cylindre de la machine réceptrice. Il y pénètre ainsi sur une certaine longueur arbitraire l; et comme, la longueur totale du cylindre est de $\frac{8\,l}{3}$, il se détend ensuite sur la longueur $\frac{5\,l}{3}$.

Dans son calcul, M. Boudenoot suppose que l'air se détend, *sans*

subir aucun refroidissement, et suit par conséquent la loi de Mariotte dans son mouvement de détente.

Je vais d'abord reprendre ce calcul, dans cette hypothèse, et je le simplifierai autant que possible, en admettant que la section droite du cylindre de la machine réceptrice soit d'un mètre carré, et en prenant pour unité de travail la pression atmosphérique harmonique, c'est-à-dire 10,368 kilogrammètres.

Soit en général λ sa longueur du cylindre.

Le travail dû à l'introduction à pleine pression d'un mètre cube d'air sera égal à. . . . . 1.

Celui dû à la détente, sur la longueur $\lambda - 1$, s'évaluera par l'intégrale,

$$\int_1^{\lambda} p \, d\, y,$$

dans laquelle p représente la pression de l'air, supposé non refroidi, quand il occupe le volume y, ou, en d'autres termes, quand il est détendu sur la longueur y. Or, on a, dans ce cas, suivant la loi de Mariotte,

$$p\ y = 1.$$

L'intégrale précédente peut donc s'écrire ainsi :

$$\int_1^{\lambda} \frac{d\, y}{y}.$$

Il convient maintenant de retrancher le travail de la contre-pression qui est,

$$\frac{1}{4} \times \lambda = \frac{\lambda}{4},$$

en admettant une pression constante de $\frac{1}{4}$ dans la canalisation.

Le travail total est donc pour un cylindre de longueur λ, et pour un mètre cube d'air atmosphérique :

$$(1) \qquad T = 1 + \int_1^{\lambda} \frac{d\, y}{y} - \frac{\lambda}{4} = 1 + l.\ \lambda - \frac{\lambda}{4}.$$

Pour $\lambda = \frac{8}{3}$, on a :

$$(1^{bis}) \qquad T = \frac{1}{3} + l.\frac{8}{3}.$$

C'est un résultat conforme à celui donné par M. Boudenoot, page 438, et multiplié par $\frac{8}{3}$.

Quelle est maintenant la valeur de λ qui correspond au maximum de T ?

Elle est donnée par l'équation différentielle,

$$dT = \frac{d\lambda}{\lambda} - \frac{d\lambda}{4} = 0.$$

Cette valeur est donc $\lambda = 4$, et le travail correspondant serait

$$(1^{ter}) \qquad T \text{ (maximum)} = l.\,4.$$

Il est presque évident *a priori* que dans un cylindre de $4^m,00$ de longueur, le piston n'arriverait pas à fond de course, la pression de l'air moteur détendu tombant notablement au-dessous d'un $\frac{1}{4}$, comme nous le verrons tout à l'heure.

M. Boudenoot a été conduit par l'expérience à limiter la longueur de son cylindre à $\frac{8}{3}$. Dans ces conditions, le calcul de la formule (1^{bis}) donne approximativement,

$$T = 13{,}530 \text{ kilogrammètres},$$

résultat théorique qu'il convient de multiplier par 0.45, pour obtenir le résultat pratique qui est de 6,075 kilomètres (page 396).

Je vais maintenant établir le calcul du travail de la détente, dans un cylindre de longueur λ, en admettant qu'elle s'effectue sans aucun gain de chaleur.

Dans ce cas le premier et le dernier terme de la formule (1) seront conservés ; mais l'intégrale ne sera pas la même.

La pression p de l'air détendu sur la longueur y, ne sera plus $\frac{1}{y}$, mais bien $\frac{1}{y^2}$, attendu que dans le cas considéré les pressions ne varient plus en raison inverse des volumes, suivant la loi de Mariotte, mais en raison inverse du carré des volumes, suivant la loi nouvelle. (Voir mes Dialogues sur la Mécanique).

La nouvelle intégrale sera donc,

$$\int_1^{\lambda} \frac{dy}{y^2},$$

et la formule donnant le travail total,

$$(2) \qquad T = 1 + \int_1^{\lambda} \frac{dy}{y^2} - \frac{\lambda}{4} = 2 - \frac{1}{\lambda} - \frac{\lambda}{4}.$$

La longueur λ correspondante au maximum de T est donnée par l'équation différentielle,

$$d'T = \frac{d\lambda}{\lambda^2} - \frac{d\lambda}{4} = 0,$$

d'où l'on tire $\lambda = 2$.

Le travail maximum a pour valeur,

$$(2^{bis}) \qquad T\ (\text{maximum}) = 2 - \frac{1}{2} - \frac{2}{4} = 1.$$

Celui qu'on obtient avec la longueur $\lambda = \frac{8}{3}$ se réduit à $\frac{23}{24}$.

D'après la théorie mécanique de la chaleur, le travail produit par un gaz qui se détend est représenté par le nombre de calories du froid de la détente.

Dans le cas qui nous occupe, le travail total produit par la détente a pour expression mécanique,

$$\varpi\left(1 - \frac{1}{\lambda}\right) = \varpi\left(\frac{\lambda - 1}{\lambda}\right).$$

Son expression calorifique est

$$E\ c\ \delta\ \theta,$$

θ étant le degré de température du froid de la détente.

Je puis donc calculer θ par l'égalité.

$$E c \delta \theta = \varpi\left(\frac{\lambda - 1}{\lambda}\right).$$

En donnant aux quatre quantités E, c, δ et ϖ les valeurs indiquées ci-dessus, j'obtiens, tout calcul fait

$$(3) \qquad \theta = 270\left(\frac{\lambda - 1}{\lambda}\right).$$

Pour $\lambda = 2$, on a $\theta = 135^{\circ}$; pour $\lambda = \frac{8}{3}$, $\theta = 175^{\circ}\ 75$; et pour le cas extrême $\lambda = 4$, $\theta = 202^{\circ}\ 50$.

Le degré de froid de la détente d'un gaz ne peut dans aucun cas atteindre 270° au-dessous de 0. (Voir le Dialogue n° 16.)

Quant à la pression finale; sa valeur est $\frac{1}{\lambda^2}$.

Pour $\lambda = 2$, elle est égale à $\frac{1}{4}$, et le piston arrive alors à la fin de sa course sans contre-pression.

Pour $\lambda = \frac{8}{3}$, la pression finale est $\frac{9}{64}$, et la contre-pression serait, $\frac{16-9}{64} = \frac{7}{64}$, plus d'un dixième d'atmosphère. Pour le cas extrême de $\lambda = 4$, la pression finale serait de $\frac{1}{16}$ et la contre-pression de $\frac{3}{16}$.

Telles sont les indications fournies par la nouvelle théorie sur les effets de la détente des machines réceptrices.

La pression d'un gaz, qui se détend en vase clos, ne varie pas en pratique dans la proportion inverse du volume, suivant la loi de Mariotte, par la raison que la chaleur, qui peut être communiquée au gaz par ses enveloppes, ne saurait compenser le froid de la détente. Elle varie théoriquement en raison inverse du carré du volume. suivant la loi nouvelle; mais en pratique un tel effet ne peut être réalisé, par la raison que le gaz qui se détend reçoit toujours de ses enveloppes une certaine quantité de chaleur.

La longueur λ la plus favorable, au point de vue pratique, doit être déterminée par des expériences.

Or, il résulterait des premières expériences de MM. Petit et Boudenoot. que cette longueur la plus favorable devrait être fixée à $\frac{8}{3}$, c'est-à-dire à $2^{m}.67$, pour un cylindre d'un mètre carré de section droite.

En d'autres termes, MM. les ingénieurs Petit et Boudenoot prennent un cylindre d'une longueur quelconque; ils tracent sur sa génératrice huit divisions égales; ils introduisent l'air atmosphérique

moteur à pleine pression sur les trois premières division, puis ils le laissent se détendre sur les cinq dernières.

C'est la détente aux $\frac{5}{8}$.

L'appareil théorique comporte le même nombre de divisions. Mais au lieu d'introduire à pleine pression sur trois divisions seulement, on introduit sur les quatre premières, et on laisse détendre sur les quatre autres. C'est la détente aux $\frac{4}{8}$ (1).

2° MACHINE ASPIRANTE

Le problème à résoudre ici consiste à entretenir dans la canalisation une pression constante d'un quart d'atmosphère, c'est-à-dire à rejeter au dehors, par un appareil extracteur, la quantité d'air en excès refoulée par les machines réceptrices dans la canalisation, au fur et à mesure que cet excédent se produit.

Pour cela, j'admettrai que la canalisation se termine à l'usine centrale par un cylindre d'un mètre carré de section droite et de 4 mètres de longueur.

Une soupape, ouvrant de dedans en dehors et communiquant avec l'atmosphère ambiante, est placée au fond du cylindre.

Un piston, actionné par un moteur, refoule et comprime l'air dans l'intérieur du cylindre, en augmentant successivement sa pression qui finit par atteindre celle de l'atmosphère. En ce moment, la soupape s'ouvre et le piston achève sa course en refoulant la masse d'air qu'il a comprimée et qu'il rejette dans l'atmosphère.

Le calcul de cette machine a été fait par M. Boudenoot, en admettant que la compression de l'air, dans le cylindre d'extraction, ne développe *aucune chaleur*, cet air étant refroidi au fur et à mesure par des injections d'eau froide.

C'est la compression dans un calorimètre.

(1) M. Boudenoot m'a écrit à la date du 26 décembre 1885, qu'il avait été conduit à modifier le résultat des premières expériences de détente aux $\frac{5}{8}$, et à se rapprocher de la détente aux $\frac{4}{8}$.

Je vais d'abord reprendre ce calcul en supposant que la pression de la canalisation reste absolument constante.

Quand le piston aura progressé dans le cylindre extracteur sur une certaine longueur y, la pression p de l'air comprimé et supposé complètement refroidi sera donnée par la loi de Mariotte :

$$p\,(4-y) = 4 \times \frac{1}{4} = 1,$$

soit $p = \dfrac{1}{4-y}$.

Le travail de la compression sera :

$$\int_0^{y_0} \frac{dy}{4-y} = l.\,4 - l.\,(4-y_0).$$

Mais, y_0, limite où l'air comprimé atteint la pression atmosphérique, est donné par l'équation :

$$4 - y_0 = 1, \qquad \text{soit} \qquad y_0 = 3.$$

L'intégrale ci-dessus aura donc pour valeur,

$$l.4 - l.1 = l.4.$$

C'est le travail nécessaire pour faire franchir au piston les $\frac{3}{4}$ de la longueur du cylindre.

Pour le faire arriver à fond de course, il faut refouler la pression atmosphérique sur la longueur d'un mètre, c'est-à-dire développer un travail égal à 1.

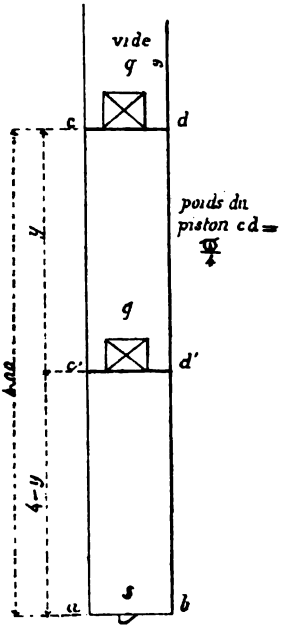
D'autre part, la pression constante de la canalisation a produit un travail égal à $\frac{1}{4} \times 4$, c'est-à-dire égal à 1, pendant l'évolution du piston.

Ce travail devant être compté en moins, on voit en définitive que le travail total T nécessaire pour rejeter dans l'atmosphère 4 mètres cubes d'air raréfié à la pression $\frac{1}{4}$, au moyen d'une pompe dont la chaleur de compression serait enlevée au fur et à mesure de sa production, est précisément :

(4) $\qquad T = \varpi \times l.4 = 1.386 \times 10{,}368 = 14{,}370$ kilo mètre.

C'est le résultat final indiqué par M. Boudenoot (page 409).

Il est à remarquer que le travail de la pompe aspirante est égal à celui de la machine réceptrice dont le cylindre aurait la longueur 4.



Je vais maintenant me proposer de résoudre le problème au moyen de l'appareil ci-contre au fonctionnement duquel je vais appliquer la nouvelle théorie.

Un cylindre vertical $abcd$, dont la hauteur est de 4 mètres et la capacité de 4 mètres cubes, contient de l'air raréfié à la pression $\frac{\varpi}{4}$ et à la température 0.

J'enlève le fond supérieur du cylindre, et pour maintenir l'air en équilibre, je remplace ce fond par un piston massif cd, dont le poids sera $\frac{\varpi}{4}$, et au-dessus duquel le vide sera censé exister.

Le problème consiste à faire descendre le piston massif $c\,d$ dans l'intérieur du cylindre, en comprimant l'air jusqu'à la pression ϖ, de manière à forcer la soupape s, et à expulser tout le volume aérien contenu dans le cylindre.

Pour obtenir ce résultat, je place sur le piston cd un certain poids additionnel q, dont je déterminerai plus loin la valeur.

Condamnons d'abord la soupape s, et voyons ce qui va se passer. L'équilibre du système sera détruit.

Le piston cd va descendre dans le cylindre, puisque son poids $\frac{\varpi}{4} + q$ est supérieur à la pression de l'air raréfié qui n'est que de $\frac{\varpi}{4}$. Il tombera d'une certaine hauteur y, en comprimant l'air, et s'arrêtera dans une certaine position $c'd'$, où sa vitesse verticale s'annulera.

En ce moment la pression de l'air comprimé, sous le volume $abc'd'$, sera $\left(\frac{\varpi}{4} + q\right)(1 + \alpha\theta)$, conformément à la loi de Gay-Lussac ; θ étant le degré de température de la compression.

Le piston $c\ d$ ne pouvant rester en équilibre, dans la position $c'\ d'$, puisqu'il est sollicité de bas en haut par une force élastique supérieure à son poids, sera remonté jusqu'à sa position primitive, et l'air, en se détendant, reviendra à sa température primitive o.

Puis le piston $c\ d$ continuera à osciller verticalement entre $c\ d$ et $c'\ d'$.

Ce mouvement oscillatoire, qui serait perpétuel, sans les résistances passives, est la conséquence immédiate de ce grand principe : *Le travail mécanique se transforme, mais il ne s'anéantit pas.*

Voici comment les choses se passeront, si la soupape est condamnée, quel que soit d'ailleurs le poids additionnel q.

Je vais d'abord analyser ce mouvement oscillatoire.

Soit P la pression de l'air comprimé sous le volume $(4 - y)$.

La loi de Gay-Lussac donne,

$$P = \left(\frac{\varpi}{4} + q\right)\ (1 + \alpha\theta).$$

La loi nouvelle donne,

$$(5) \qquad P = \frac{4\varpi}{(4-y)^2}.$$

En égalant entre elles ces deux valeurs de P, on obtient une première équation,

$$(6) \qquad \left(\frac{\varpi}{4} + q\right)(1 + \alpha\theta) = \frac{4\varpi}{(4-y)^2},$$

entre les 3 quantités q, y et θ.

On en obtient une seconde en posant,

$$(7) \qquad Ec\delta\theta = \left(\frac{\varpi}{4} + q\right) y.$$

Celle-ci exprime à volonté, suivant le principe fondamental de la Thermo-Dynamique : ou bien que la chaleur de compression représente le travail perdu pendant la période de compression, ou bien que cette même chaleur représente le travail produit par la détente.

Les équations (6) et (7) permettront de déterminer y et θ, pour une valeur quelconque de q.

Déterminons d'abord ce poids q par la condition,

$$P = \varpi.$$

L'équation (5) nous donnera de suite,

$$y = 2.$$

L'équation (6) se réduira alors à,

$$\left(\frac{\varpi}{4} + q\right)(1 + \alpha\theta) = \varpi.$$

soit,

$$\frac{\varpi}{4} + q = \frac{\varpi}{1 + \alpha\theta}.$$

En reportant cette valeur de $\frac{\varpi}{4} + q$ dans l'équation (7), elle deviendra,

$$Ec\delta\theta = \frac{2\varpi}{1 + \alpha\theta}.$$

Il est facile de voir que,

$$\frac{Ec\delta}{\varpi} = \alpha,$$

avec les valeurs données précédemment.

On a donc finalement, pour déterminer θ,

$$\alpha\theta = \frac{2}{1 + \alpha\theta}, \qquad \text{soit} \quad \alpha^2\theta^2 + \alpha\theta = 2.$$

La racine positive de cette équation du second degré est,

$$\alpha\theta = 1, \qquad \text{ce qui donne} \quad \theta = \frac{1}{\alpha} = 270^\circ$$

Ce résultat est conforme à la théorie exposée dans le Dialogue n° 15, ou l'on démontre que le degré de chaleur de compression d'un gaz, dont le volume est réduit de 2 à 1, est égal à $\frac{1}{\alpha}$.

L'équation (6) nous donne enfin, en y faisant $y = 2$ et $\alpha\theta = 1$,

$$2\left(\frac{\varpi}{4} + q\right) = \varpi,$$

soit,

$$q = \frac{\varpi}{4}.$$

Ainsi, avec un poids additionnel $q = \frac{\varpi}{4}$, nous provoquerons la chute du piston $c\ d$ sur une hauteur de 2 mètres ; nous amènerons

la température de l'air comprimé au degré $\frac{1}{\alpha}$; et la pression de cet air échauffé atteindra une atmosphère.

Au moment où la vitesse verticale du piston *c d* s'annulera en *c' d'*, la soupape *s* s'ouvrira, la pression étant devenue égale de part et d'autre. Théoriquement cette ouverture de la soupape peut être remplacée par l'enlèvement du fond *a b* du cylindre.

Alors l'air comprimé ne trouvant plus de point d'appui sur le fond du cylindre pour remonter le piston *c d*, il est clair que ce piston descendra jusqu'en *a b*, en refoulant dans l'atmosphère toute la quantité d'air contenue dans le cylindre.

On voit ainsi que pour résoudre théoriquement le problème, il suffit de remonter un poids $\frac{\varpi}{4}$ à la hauteur de 4 mètres, c'est-à-dire de développer un travail égal à,

$$(8) \qquad T = \varpi = 10{,}368 \text{ kilogrammètres.}$$

Ce travail est un minimum théorique; et il est à remarquer qu'il est précisément égal au travail théorique maximum de la machine réceptrice donné par la formule (2 bis).

Ici se terminent les observations techniques que je tenais à présenter à la Société, au sujet de l'application de l'air raréfié, comme moteur, pour la petite industrie parisienne.

C'est un complément de l'étude théorique de M. l'ingénieur Boudenoot.

Neuilly, 9 juillet 1885.

APPENDICE

A la séance supplémentaire du 27 novembre 1885, où j'ai eu l'honneur de donner à la Société un résumé de ce mémoire, M. le président de Comberousse a donné connaissance d'une lettre de M. Mékarski dans laquelle cet ingénieur établit les deux propositions suivantes :

1° Un kil. d'air agissant à la pression atmosphérique sur un piston, derrière lequel on entretient une contre-pression d'un quart d'at-

mosphère, ne fournit ni plus ni moins de travail qu'un kilog. d'air à quatre atmosphères agissant sur un piston soumis de l'autre côté à la pression atmosphérique.

2° *Inversement, le même poids d'air pris dans une canalisation d'air raréfié à un quart d'atmosphère et refoulé dans l'air extérieur absorbe, pour cette opération, autant de travail moteur que la compression d'un kilogramme d'air atmosphérique refoulé dans une canalisation à quatre atmosphères.*

Je profite de l'intervalle de temps compris entre le 27 novembre 1885 et la mise à l'impression de mon mémoire, et ce avec l'autorisation de notre honorable président de 1885, pour ajouter cet appendice dans lequel je me propose de discuter scientifiquement les deux propositions de notre collègue, M. Mékarski.

En ce qui concerne la première, je suis complètement de son avis.

En effet, la nouvelle théorie donne pour le travail d'un mètre cube d'air atmosphérique dans le cylindre de la machine réceptrice, avec contre-pression d'un quart d'atmosphère.

$$(a) \qquad T = 2 - \frac{1}{\lambda} - \frac{\lambda}{4}.$$

L'application de cette théorie à un mètre cube d'air, moteur comprimé à 4 atmosphères, dans le cylindre de la même machine, avec contre-pression d'une atmosphère, donnerait :

$$(b) \qquad T' = 8 - \frac{4}{\lambda} - \lambda.$$

c'est-à-dire un travail quatre fois plus grand.

Donc le travail par kilogramme d'air moteur serait absolument le même, dans les deux cas, comme M. Mékarski l'énonce dans sa première proposition.

Mais en ce qui concerne sa deuxième proposition, je ne suis nullement de son avis.

Dans le cas de l'air raréfié, j'ai démontré que l'on pouvait obtenir l'égalité théorique entre le travail fait à l'usine centrale et le travail réalisé par les machines réceptrices, ou plutôt entre le travail minimum de l'usine centrale et le travail maximum des machines réceptrices.

Avec l'air raréfié, quel que soit d'ailleurs le dégré de raréfaction,

on peut donc obtenir *théoriquement* la restitution dans la machine réceptrice du travail dépensé à l'usine centrale.

Mais cette restitution théorique n'est possible qu'avec l'air raréfié. Elle est impossible avec l'air comprimé.

Pour le démontrer reportons-nous à l'unique figure de ce mémoire.

C'est un cylindre de 4 mètres de hauteur et dont la section droite est d'un mètre carré. Sa capacité est donc de 4 mètres cubes.

Quand il est rempli de 4 mètres cubes d'air raréfié au quart, j'ai démontré qu'il suffisait de développer un travail théorique représenté par 1, pour expulser dans l'atmosphère ambiante ces 4 mètres cubes, qui se résument en un mètre cube d'air atmosphérique.

Supposons maintenant le cylindre rempli de 4 mètres cubes d'air atmosphérique, et proposons-nous de réduire les 4 mètres d'air en un seul, c'est-à-dire d'obtenir un mètre cube d'air comprimé à 4 atmosphères.

Le piston $\frac{\varpi}{4}$, de la figure, au-dessus duquel le vide existe, devra être remplacé par le piston ϖ; et pour obtenir le résultat cherché, il nous faudra placer sur ce piston ϖ un piston supplémentaire égal à $3\,\varpi$.

Le piston total $4\,\varpi$, suivant la théorie exposée ci-dessus, descendra dans le cylindre sur une hauteur de 3 mètres, et l'air réduit au volume d'un mètre cube, s'il conserve intégralement sa chaleur de compression, se trouvera comprimé à 4^{γ}, suivant la théorie actuelle, et à 4^{2}, soit 16 atmosphères suivant la théorie nouvelle.

Cette pression sera réduite à 4 atmosphères, d'après la loi de Mariotte, après l'évanouissement intégral de la chaleur due à la compression.

Ainsi pour obtenir, ou pour employer une expression plus pratique, pour fabriquer un mètre cube d'air comprimé et refroidi à la pression de 4 atmosphères, il faudrait développer à l'usine centrale un travail représenté par l'élévation du poids $3\,\varpi$ à la hauteur de 4 mètres, soit un travail égal à 12, puisque nous prenons ici pour unité le ϖ kilogrammètre.

Quel sera maintenant le travail théorique restitué à la machine réceptrice?

Il est donné par la formule (6); et si nous faisons dans cette for-

mule $\lambda = 2$, longueur correspondant à la détente au $\frac{4^{ème}}{8}$, nous aurons :

$$T' = 8 - \frac{4}{2} - 2 = 4.$$

D'où il résulte qu'avec l'emploi de l'air comprimé à 4 atmosphères, le travail théorique développé à l'usine centrale serait 12, alors que le travail restitué par la machine réceptrice ne serait que 4.

Ce qui démontre l'inexactitude de la deuxième proposition de M. Mékarski.

Cela du reste se comprend *a priori* et sans le secours du calcul en observant que dans le cas de l'air raréfié, la chaleur de la compression peut être utilisée pour la propulsion de l'air de la canalisation dans l'atmosphère, tandis que dans le cas de l'air comprimé, la chaleur de compression ne peut être utilisée pour le jeu de la machine réceptrice, puisqu'elle se perd presque intégralement par radiation.

Neuilly, 23 mars 1886

EMPLOI DE LA DYNAMITE

POUR LE

SAUTAGE DES GROSSES MINES

PAR

M. G. CERBELAUD

On a beaucoup parlé, dans ces derniers temps, des gigantesques travaux sous-marins, entrepris dans la rade de New-York, pour faire sauter les récifs de *Hell Gate* (porte de l'Enfer), qui rendent la navigation dangereuse en cet endroit.

Les publications techniques, qui ont donné une description détaillée de cette opération, nous apprennent que la mine qui a fait sauter l'écueil de *Hell Gate* connu sous le nom de *Flood-Rock* comportait une charge totale de 137 tonnes environ d'explosif, divisée en 45,000 cartouches de 3 kilogrammes chacune. Le général Newton qui fut chargé de ce remarquable travail est le même qui se distingua, il y a quelques années, par la destruction des rochers de *Hallets Point*, voisins de celui de *Flood-Rock*. Cette première mine, tirée le 24 septembre 1876, ne contenait que 49,915 livres d'explosif; elle constituait la continuation du travail de déblaiement sous-marin de *Hell-Gate*, commencé, il y a déjà une quarantaine d'années, par un de nos compatriotes, M. Maillefert.

Cet événement a appelé de nouveau l'attention sur les services que peuvent rendre, dans les travaux publics, les explosifs modernes, pour le sautage des mines à forte charge ou *grosses mines*. Ces grosses mines sont employées avec succès toutes les fois qu'il

s'agit d'opérer, d'un seul coup et sans projections, le déplacement de grandes masses de terrains. Ajoutons que, grâce à la composition de la dynamite employée pour les travaux de cette nature, on peut, comme nous le verrons plus loin, obtenir les déblais résultant de l'explosion en blocs plus ou moins volumineux suivant l'usage auquel on les destine.

Sans parler des mines exceptionnelles, comme celles de la baie de New-York, il nous a semblé qu'il pourrait être intéressant de dire quelques mots d'opérations de sautage de proportions plus modestes, mais où cependant la quantité d'explosif employé à la fois est encore assez considérable pour leur valoir le nom de *grosses mines*, et qui, dans tous les cas, se rencontrent plus souvent dans la pratique ordinaire des travaux.

L'usage de ces sortes de mines n'est pas, d'ailleurs, une nouveauté; et, en France même, nous pouvons citer entre autres, la tranchée de Cerbère (Pyrénées-Orientales) ouverte au moyen d'une mine chargée de 900 kilogs de dynamite, les travaux du Frioul pour l'extraction des blocs destinés au port de Marseille, où l'on a tiré des mines chargées de 1,400 kilogs de dynamite, etc.

Quoi qu'il en soit, les *grosses mines* n'étaient, en quelque sorte, jusqu'à ces dernières années, que l'exception, tandis que maintenant ce procédé tend à entrer de plus en plus dans la pratique courante des grands travaux.

A Panama, par exemple, on a déjà fait sauter plusieurs grosses mines pour activer l'avancement des tranchées profondes, et se procurer, en même temps, des matériaux de construction.

En Italie, grâce à l'initiative prise par les *Sociétés de dynamite Nobel*, l'emploi des *grosses mines* s'est rapidement répandu : au port de Savone, au port de Gênes et dans divers travaux militaires, on en a fait usage.

C'est là que nous choisirons les exemples qui font l'objet de cette communication.

Choix de la dynamite à employer. — Avant de décrire les grosses mines dont nous voulons parler, disons quelques mots de l'explosif qu'il convient d'employer pour les charger.

Nous ne referons pas à ce sujet l'histoire des dynamites et l'énumération de leurs avantages relativement à la poudre noire ordinaire. Cette étude est déjà connue de vous, grâce aux remarquables

travaux et communications de nos collègues MM. Brüll, Barbe, Caillaux et Aug. Moreau.

Nous voulons simplement déterminer la raison qui fait préférer pour le chargement des grosses mines l'explosif désigné sous le nom de *Dynamite n° 3 de Nobel.*

La dynamite n° 3 renferme de 20 à 25 0/0 de nitroglycérine associée à une poudre binaire à base de nitrate. M. Brüll donne la composition suivante pour la dynamite n° 3 fabriquée à Paulille :

Nitrate de soude. . .	70
Charbon	10
Nitroglycérine. . . .	20
	100

La chaleur d'explosion de cette substance développe 740 calories et le volume de gaz dégagé est de 370 litres par kilogramme (1).

C'est un explosif à faible teneur en nitroglycérine et à base active.

L'effet utile obtenu avec cette dynamite employée en grande quantité, est assurément supérieur à celui de la dynamite n° 1 (à 75 0/0 de nitroglycérine). Il s'agit, en effet, de soulever une grande masse de terrain, pour la diviser, la fragmenter, en évitant les projections, ce que la dynamite n° 1 produirait infailliblement.

Pour nous servir d'une comparaison vulgaire, qui peint bien la différence d'action des deux dynamites, nous dirons : pour briser un carreau, il suffit d'un coup de poing, tandis qu'une balle de revolver le traverserait en n'y faisant qu'un petit trou.

Quelques mots de la théorie de Malher. — Un praticien autrichien, M. Jules Malher, a donné, sur l'action produite par les diverses dynamites, une théorie ingénieuse, qui peut paraître un peu subtile, mais qui, néanmoins, se vérifie assez bien dans la pratique.

« Les dynamites, dit-il (2), font explosion avec une immense rapidité, et, dans un temps infiniment court la décomposition des gaz s'opère, qui se répandent dans toutes les directions avec une

(1) A Brüll, Étude sur la nitroglycérine et la dynamite. (Extrait des mémoires de la *Société des Ingénieurs Civils*, 1875).

(2) Jules Malher, La technique de sautage, Vienne 1878.

force uniforme. Il en résulte que dans le milieu ambiant se produit un espace d'explosion sphérique dans le centre duquel se trouvait la charge, dont l'entourage immédiat a été brisé et autour duquel on voit des fissures radiales et tangentes.

» La poudre de mine fait explosion plus lentement; les premiers gaz produits agrandissent l'espace de charge et opèrent des fissures radiales, qui sont progressivement élargies par les gaz développés ultérieurement.

» Dans les mines sautées, on peut observer les résultats suivants :

1° La sphère de trituration,

2° La sphère de dérangement,

3° La sphère de rupture.

» Plus la matière explosive était brisante, plus grandes seront, — toutes choses égales d'ailleurs, — les *deux premières sphères*; avec un décroissement de la qualité brisante de l'explosif employé, décroissent les capacités cubiques des deux premières sphères, et par contre croît la *sphère de rupture*.

..... La dynamite n° 3 produira des triturations très petites, une sphère moyenne de dérangement et une très grande sphère de rupture.

» La dynamite n° 1 (1), au contraire, montrera des triturations plus considérables, un dérangement de la même grandeur et une petite sphère de rupture. La dynamite n° 3 aura produit de grands blocs et ébranlé la cohérence de la masse à une grande distance, les pierres en résultant peuvent servir de pierres de taille ou a bâtir. La dynamite n° 1, au contraire, aura fait beaucoup de nouvelles ruptures, réduit par conséquent les pierres en petits morceaux et ébranlé moins loin.

» Cette différence dans l'effet produit résulte de la nature des deux matières; dans le n° 1 prévaut la quantité de nitroglycérine, dans le numéro 3 le corps absorbant (une poudre de mine mélangée mécaniquement). Les fortes dynamites : dynamite-gomme, dynamites n°s 1 et 2, triturent et rompent les parties avoisinantes de la charge, et leur effet est exactement limité. Les sortes n°s 3 et 4 (dynamites faibles) ne triturent que dans le voisinage immédiat, mais font des ruptures au loin vers les couches ouvertes.

(1) La dynamite n° 1 est formée de 75 0/0 de nitroglycérine et de 25 0/0 de silice (kieselguhr).

» En un mot, l'effet des dynamites fortes est *brisant*, celui des dynamites faibles *poussant*.

» Par suite, pour percer ou foncer des puits ou galeries étroites dont la perforation exige beaucoup de temps et d'argent, les fortes dynamites sont préférables. En les appliquant exactement, les plans avoisinants ne seront pas gâtés et les travaux subséquents faciles.

» Pour l'élargissement de tunnels, pour l'exploitation de pierres de taille et à bâtir, pour de larges tranchées, on doit préférer les dynamites moins fortes.

» Pour d'autres corps, il faut aussi d'autres dynamites ; ainsi, pour faire sauter du bois ou du fer par des cartouches posées librement sur leur surface, on se sert des dynamites les plus fortes, parce que dans ce cas, on n'a besoin que de la force brisante. En général, on peut dire, en principe, que, plus il faut de force brisante ou écrasante pour faire sauter une mine, plus forte doit être la dynamite, et par contre, lorsqu'on n'a en vue qu'une simple disjonction, moins forte doit être la dynamite à employer. »

Description de quelques grosses mines. — Nous arrivons maintenant à la description des mines italiennes que nous avons citées plus haut. Nous nous occuperons successivement de la *Mine de Vado*, pour les travaux du port de Savone; de la *Mine de Gênes*, également pour les travaux du port de cette ville ; et enfin des mines du *Bruciato* et du *Lodrino inferiore*, pour la construction des forts dits *Passo del Giovo* dans la Ligurie.

1° **Mine de Vado.** — L'entreprise Carena et Parodi, qui est chargée de la construction du nouveau port de Savone, tire les matériaux nécessaires à ce travail, — c'est-à-dire les blocs et les pierres, — de la carrière de Bergeggi, située sur le bord de la mer en face le phare de Vado.

Outre les nombreuses petites mines qu'on creuse dans cette carrière, on y établit aussi de temps en temps, surtout dans les endroits où les parois atteignent une certaine hauteur (30 à 50 mètres), de grosses mines qui avaient été, à l'origine, toujours chargées avec de la poudre noire.

C'est au mois de juillet 1883 qu'on employa pour la première fois

la dynamite pour le sautage d'une de ces grosses mines. Cette opération nécessita l'emploi de 3,000 kilogs de dynamite n° 3.

Installation de la mine. — Dans une paroi d'une hauteur de 35 à 40 mètres et à 8 mètres au-dessus du niveau de la carrière, on avait d'abord poussé une galerie *a b* de 16 mètres de long (pl. 110, fig. 1 et 2), au bout de laquelle on avait pratiqué normalement sur la droite une galerie transversale *c d* d'une longueur de 6 mètres; puis on avait fait un ressaut de 2 mètres au-dessous du sol de cette transversale et, de là on avait continué une galerie *d f* de 5 mètres de long, dans une direction parallèle à la première galerie de 16 mètres. A son extrémité, on avait pratiqué sur la droite un puits de 2 mètres de profondeur et de $1^{m},50$ de diamètre qui devait servir comme chambre de mine.

Ainsi, la chambre se trouvait à 4 mètres au-dessus du sol de la carrière et à 21 mètres dans l'intérieur de la paroi ; laquelle avait une hauteur de 36 mètres au-dessus de la chambre, soit 40 mètres au-dessus du sol de la carrière. (Fig. 2). La ligne de moindre résistance avait, par conséquent, 21 mètres.

La galerie d'accès avait, sur toute sa longueur jusqu'à la chambre, 2 mètres de hauteur et $1^{m},20$ de largeur, dimensions surpassant de beaucoup celles qu'on devrait employer en pareil cas. La chambre de mine ne se trouvait pas dans le rocher compact, mais une couche sableuse d'environ $0^{m},30$ le traversait et sortait à la surface, à quelques mètres au-dessous de la galerie d'accès; en outre, de la partie supérieure descendaient des fissures remplies de terre qui pouvaient faire craindre un échappement des gaz au moment de l'explosion. En résumé, la mine ne se trouvait pas dans de bonnes conditions.

Calcul de la charge. — Pour calculer la charge de dynamite, on se sert de la formule

$$P = \frac{2}{3} c\, m^{3},$$

dans laquelle P est le poids de la charge en kilogrammes, m la ligne de moindre résistance en mètres, et c un coefficient qui varie avec la nature du terrain et la sorte de dynamite employée. Il est donc

essentiel de le déterminer par quelques expériences préliminaires et en observant l'effet des premières explosions.

Pour les dynamites faibles, M. Barbe donne pour c les valeurs suivantes, qui peuvent servir de termes de comparaison (1) :

Pour une vieille maçonnerie très ferme . . .	1,00
Pour le grès dur.	0,70
Pour le grès tendre.	0,45
Pour les roches moins résistantes.	0,36

C'est en appliquant la formule précédente au calcul de la charge de la mine de Vado qu'on détermina le chiffre de 3,000 kilogs indiqué plus haut.

Chargement. — La dynamite arrivait sur les lieux dans les caisses qui servent ordinairement aux expéditions de cette matière. Chaque caisse contenait un sac paraffiné renfermant 20 kilogrammes de dynamite. Le chargement était dans ces circonstances, une opération très facile. On forma dans la galerie qui conduisait à la chambre de mine, une chaîne d'ouvriers lesquels se passaient entre eux un sac après l'autre. Le chef mineur se trouvait seul dans la chambre où il recevait les sacs pour les placer de manière qu'ils fussent bien adossés aux parois et bien serrés entre eux.

Lorsqu'il y eut une première série de sacs de dynamite sur le fond de la chambre, on installa juste au centre une amorce de fulmicoton de 1 mètre de longueur, qui resta debout au milieu et qu'on mit en communication avec plusieurs capsules qui se trouvaient unies, à leur tour, avec un fil électrique et une mèche de gutta-percha. Cela fait, on continua à remplir tout le vide jusqu'à ce que la chambre contînt toute sa charge de 3,000 kilogs. Cette première partie de l'opération, y compris l'amorçage, fut effectuée en 3 heures.

Bourrage. — L'espace vide qui restait dans la chambre au-dessus de la charge fut rempli avec des sacs de sable. On fit ensuite une première clôture consistant dans un mur de ciment pur de $2^m,50$ de longueur, puis on continua à maçonner la galerie avec des pierres et du ciment jusqu'à 2 mètres en arrière du ressaut

(1) Barbe, *Manuel du Mineur*. Paris 1880.

et à partir de là on employa simplement de la maçonnerie à pierre sèche jusqu'au point où commençait la traverse. Alors, entre le mur à pierre sèche et la paroi opposée de la galerie *ab*, on intercala, comme dernière résistance, de forts morceaux de bois. La première galerie seule restait donc vide.

Ce travail, vu les dimensions exagérées des galeries et la crainte qu'on pouvait avoir que la charge ne vînt à partir par là, occasionna une dépense considérable de ciment.

Allumage. — L'amorce de fulmicoton installée au milieu de la charge avait été mise en communication avec diverses capsules les unes destinées à enflammer la charge au moyen de l'électricité, les autres, le cas échéant, par une simple mèche de sûreté. Pour protéger les deux fils isolés et les deux mèches de sûreté dans leur trajet jusqu'au dehors, on les avait introduits dans des tuyaux de plomb de $3^{m}/^{m}$ de diamètre.

Tous ces travaux furent exécutés depuis le 5 juillet jusqu'au 8 au matin, jour fixé pour le sautage. Alors, à l'heure indiquée (11 heures du matin), en présence d'un grand nombre d'invités et d'un grand concours de spectateurs, la machine électrique étant en place et reliée aux fils conducteurs, trois pétards de dynamite donnèrent le signal de l'explosion. On imprima une trentaine de tours à la manivelle de la machine électrique, une légère pression fut faite sur le bouton et aussitôt on entendit une détonation sourde qui fut suivie du fracas des blocs roulant au bas de la montagne.

Effets produits et coût de l'opération. — L'effet produit par l'explosion fut plus considérable qu'on ne l'avait espéré. La sphère de rupture qu'on voulait obtenir avait été circonscrite à la surface par des piquets. Non seulement la montagne avait cédé jusqu'aux points marqués, mais encore au sommet, elle présentait de larges fissures à 15 ou 20 mètres en arrière de la chambre. La masse détachée comportait environ 20,000 mètres cubes de déblais, chiffre répondant aux exigences de l'entreprise. Enfin, aucune projection ne s'était produite.

Pour le sautage de la mine de Vado, la Société de dynamite, qui exploite l'usine d'Avigliana près de Turin, avait traité à forfait avec l'entreprise des travaux, dans les conditions suivantes :

L'entreprise avait exécuté tous les travaux préparatoires, c'est-à-dire qu'elle avait établi les galeries d'accès et la chambre de mine. Tout le reste, savoir : fourniture et transport des matières, chargement, bourrage, allumage, etc., restait à la charge de la Société de dynamite, qui endossait en outre la responsabilité de tous les dommages que l'explosion aurait pu occasionner au matériel de l'entreprise ou aux propriétés voisines. La Société de dynamite s'engageait enfin à fournir un minimun de déblais de 15,000 mètres cubes (lequel fut largement dépassé, comme nous venons de le voir). Le tout moyennant la somme de 4,000 francs qui ne représentait même pas le prix de la charge de 5,500 kilogrammes de poudre qu'on voulait employer primitivement. Ce prix fait ressortir à 0 fr. 20 le mètre cube de déblais produit, sur un total de 20,000 mètres.

2° Mine de Gênes. — Le succès de la grosse mine de Vado, amena, dès le mois d'août 1883, l'entreprise des travaux du port de Gênes à traiter avec la Société de dynamite Nobel d'Avigliana pour le sautage d'une mine encore plus importante.

Installation de la mine.— Les dessins qui accompagnent cette note (pl. 110, fig. 3, 4, 5 et 6) donnent une idée assez exacte de la disposition de cette mine. On avait déjà excavé tout le front de la carrière sur une profondeur variant de 20 à 26 mètres, en laissant seulement debout 8 piliers comme supports. Dans la partie gauche, les piliers 1, 2, 3 et 4 (fig. 3) étaient tellement affaiblis qu'ils résistaient à peine à la pression de la montagne surplombante. Cette partie en surplomb visible dans la coupe E F (fig.6), s'appuyait à gauche sur la montagne et à droite sur le pilier du milieu n° 5.

A une hauteur de 28 mètres environ (Fig. 5), on poussa la galerie d'accès horizontalement, mais en formant zigzags, comme il est indiqué sur le plan. Elle était beaucoup mieux faite qu'à Vado; ses dimensions ($1^m,50 \times 0^m,90$) permettaient simplement le passage d'un homme, et tous les angles étaient exécutés bien rectangulairement. Au bout de cette galerie, on creusa un puits d'un mètre de diamètre et de 8 mètres de profondeur, qu'on élargit au fond de manière à obtenir une chambre de mine de 5 mètres cubes environ.

Chargement et sautage. — La charge, calculée comme précédemment, fut fixée à 5,000 kilogrammes de dynamite n° 3.

L'opération du chargement fut commencée le 24 août et tout était prêt pour le sautage le dimanche 26 août au matin. Chargement, bourrage, mise de la conduite électrique et des mèches, tout avait été exécuté comme à Vado, avec cette seule différence qu'au lieu d'une amorce de fulmicoton, on s'était servi d'une caisse de dynamite-gomme qu'on avait divisée en deux amorces. Quant au bourrage, une fois la charge de 5,000 kilogs à sa place, on mit une série de sacs de sable pour remplir le vide existant dans la chambre de mine, puis on remplit également tout le puits de 8 mètres avec du sable, et arrivé à la galerie d'accès, on boucha avec de forts morceaux de bois et avec un chapeau en ciment. Ensuite, on maçonna la galerie comme à Vado, en plaçant encore sur les angles des verrous en bois jusque derrière le cinquième angle à 10 mètres de distance à partir du puits.

Le 26 août, à midi, la mine sautait. Le résultat de l'explosion dépassa toutes les prévisions. Les piquets qu'on avait placés pour marquer le rayon que la mine devait abattre avaient été tous entraînés par l'éboulement de la montagne qui avait cédé jusqu'à 10 mètres en arrière de la chambre. La sphère de rupture est indiquée sur la figure 3 par les lettres *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*. Aucune projection n'avait eut lieu.

Le rendement avait atteint l'énorme chiffre de 120,000 mètres cubes de déblais (blocs et pierres). On ne peut toutefois, tirer de ce chiffre aucune conclusion sur le prix de revient, la Société de dynamite Nobel ayant exécuté le sautage et fourni la dynamite pour la somme totale de 8,000 francs, et de son côté, l'entreprise Ossesia ayant mis à la disposition de la Société de dynamite tout le personnel et le matériel nécessaires au chargement et au bourrage.

3° Mines du Bruciato et du Lodrino. — Bruciato et Lodrino ne sont pas des localités proprement dites; ce sont de simples lieux dits, sur lesquels le génie militaire italien établit actuellement des forts, casernes, etc. Ils font partie d'un groupe de forts dits « Passo del Giovo, » en Ligurie, dominant Varazze sur la mer et Sassello dans l'intérieur. — Ces mines ont été exécutées

pour aplanir des collines et se procurer les matériaux nécessaires à diverses constructions militaires.

Mine du Bruciato. — Il s'agissait d'excaver et d'aplanir un monticule représenté en plan et en coupe sur le dessin (pl. 110, fig. 7 et 8). Ce monticule avait une hauteur totale de 16 mètres comprise entre les altitudes 602^{m} et 618^{m}. Chaque versant était limité par des parois presque à pic, présentant des ressauts de peu de largeur et d'une grande hauteur.

L'excavation devait être exactement limitée au nord et au sud par deux lignes, distantes d'une vingtaine de mètres, sur lesquelles on devait établir des murailles. En outre, on avait le plus grand intérêt à ne pas trop bouleverser la surface à aplanir et qui devait recevoir ultérieurement des constructions.

La nature du terrain est indiquée dans la coupe A B (fig. 8). C'est d'abord, en partant du sommet, une légère couche de terre végétale recouvrant une agglomération de cailloux cimentés naturellement. Ce conglomérat devient un véritable poudingue à mesure qu'on descend. Le tout traversé de fentes et de bancs de tuf qui pouvaient malheureusement donner une issue partielle aux gaz de l'explosion.

On établit le sol de la chambre de mine au niveau 604 mètres, juste au-dessous du sommet du monticule (618 mètres). La ligne de moindre résistance se trouvait être, par suite, de 14 mètres. La galerie d'accès était analogue à celle de Vado.

La charge théorique, calculée toujours d'après les mêmes principes que précédemment était de 1,386 kilog. 66. On la porta à 1,500 kilogrammes en raison des nombreuses fentes qui faisaient craindre un résultat peu satisfaisant.

La composition de l'explosif employé différait un peu de celle indiquée pour la dynamite n° 3 de Nobel. Il était formé de :

Mi-partie 85 poudre binaire (nitrate de soude et charbon),
— 15 nitroglycérine,
Et mi-partie 90 poudre binaire (nitrate de soude et charbon),
— 10 nitroglycérine.

La charge contenue dans des sacs paraffinés fut disposée comme dans les mines précédentes. L'amorce était formée par un bloc

de gélatine explosive (dynamite-gomme) de 5 kilogs, au centre duquel étaient placées 4 cartouches (de 50 grammes chacune) de fulmicoton destinées à recevoir deux capsules électriques et deux capsules ordinaires, celles-ci fixées sur une mèche gutta-percha.

Le bourrage, d'une longueur totale de $8^{m},60$, fut d'abord constitué par un remplissage en béton et en ciment depuis la partie supérieure de la charge jusqu'à la voûte de la galerie, puis avec de la maçonnerie à pierre sèche jusqu'au dernier coude de la galerie qui était fermée par un anneau en maçonnerie de ciment.

L'explosion eut lieu le 15 septembre 1883. L'effet fut tel qu'on pouvait le désirer. Toutefois, il se produisit de nombreuses fentes au delà de la limite sud. L'éboulement, comme l'indique la figure 8 eut lieu du côté du versant ouest; quoique fendue en nombre d'endroits, la paroi est resta debout. Les effets de projection furent nuls.

Mine du Lodrino inférieur. — Le but de cette mine était exactement le même que pour la précédente. Il fallait excaver et aplanir une zone de terrain d'une assez grande étendue représentée en plan et en coupes dans notre dessin (pl. 110, Fig. 9, 10, 11 et 12).

Au sommet, le terrain était presque horizontal et à la cote $664^{m},12$. Au nord, la zone était limitée à une paroi découpée par deux grands gradins dont la surface plane intermédiaire atteignait la hauteur moyenne de $656^{m},50$. La base de la paroi était à l'altitude de $649^{m}50$. L'étendue de cette zone variait entre 42 et 47 mètres de l'est à l'ouest, et entre 20 et 40 mètres du nord au sud.

Le terrain était formé de trois couches peu inclinées sur la verticale. La couche supérieure renfermait plusieurs espèces de calcaires très durs mélangés de quartz; celle du milieu était de serpentine tendre et la couche inférieure d'un conglomérat de gros rocs très fendillés.

Pour obtenir d'un seul coup l'excavation voulue, on jugea à propos de faire trois puits de mines dont le fond atteignait, pour tous les trois, le niveau 650 mètres, de sorte que la ligne de moindre résistance était de $14^{m}12$. La disposition des fourneaux et la direction des galeries sont représentées en détail dans le dessin.

Les calculs de charge donnèrent les résultats suivants :

Pour le fourneau n° 1 : 1.400 kilogrammes qu'on porta à 1,500 kilogrammes pour vaincre les résistances latérales ;

Pour le fourneau n° 2 : 1,386 kilog. 66, qu'on réduisit au contraire à 1,300 kilogrammes, car, dans ce cas, il ne s'agissait que d'obtenir un grand entonnoir entre les fourneaux 1 et 3.

Pour le fourneau n° 3, enfin : 1,400 kilogrammes, mais comme cette charge était destinée à déplacer tout l'éperon situé vers la limite est et formé de roches très dures, elle fut portée à 1,600 kilogrammes. — Soit au total, 4,400 kilogrammes de dynamite de même composition que pour Bruciato.

Le bourrage et l'amorçage furent aussi les mêmes que pour cette dernière mine.

L'explosion simultanée des trois charges eu lieu le 7 octobre 1883. Elle réussit parfaitement. Le dessin représente la nouvelle forme du terrain, pour chaque section, après l'explosion. Les effets de projection furent nuls.

Prix de revient et rendement. — Il n'a pas été possible pour ces deux mines, de même que pour les précédentes, d'établir un détail du prix de revient de chaque opération. La fabrique d'Avigliana n'a eu en effet, à fournir que la dynamite et les accessoires nécessaires pour le sautage; les autres travaux de galerie et de bourrage ayant été exécutés par le génie militaire. Mais on peut affirmer, par l'expérience acquise dans les travaux de sautage auxquels ceux que nous venons de décrire ont servi de type, que le prix de revient, sur le carreau de la carrière, des matériaux extraits au moyen des grosses mines, varie entre 0 fr. 15 et 0 fr. 20 le mètre cube de déblais produits, lesquels peuvent renfermer jusqu'à 80 0/0 de matière utilisable.

Quant au rendement, on peut l'estimer, pour les mines bien établies, et dans les conditions normales, de 15 à 20 mètres cubes de déblais par kilogramme de dynamite employée.

Conclusions. — Il résulte de ce qui précède que l'usage des grosses mines dans l'exécution des grands travaux publics est de nature à faire réaliser une sérieuse économie dans la main-d'œuvre et dans l'extraction des matériaux de carrière, tout en per-

mettant d'accélérer beaucoup le travail. Pour ces diverses raisons, il doit être sérieusement recommandé.

En terminant, disons encore un mot de la mine de *Hell Gate* qui, avec ses 45,000 cartouches, n'est pas, à proprement parler, une *grosse mine*, du type de celles dont nous venons de nous occuper.

On peut se demander tout d'abord, pourquoi le général Newton n'a pas adopté, pour ce travail, le système des mines à fortes charges en puits et en galeries, ce qui eût diminué considérablement la dépense.

La réponse est facile. Le but à atteindre à Hell Gate n'était pas du tout le même que dans les travaux décrits plus haut. Il ne s'agissait pas, en effet, d'obtenir des blocs propres à la construction, mais bien de débarrasser à tout prix la rade des récifs qui l'obstruaient, en réduisant ces récifs en fragments aussi menus que possible qui pussent être enlevés ensuite facilement par voie de dragage. On a dû, pour cela, créer dans toute la roche un très grand nombre de centres d'explosion, devant produire, eu égard à la force de l'explosif employé, autant de *sphères de trituration*, pour nous servir de l'expression de Malher. C'est ce qui explique le prodigieux travail de perforation auquel il a fallu d'abord procéder, pour découper le rocher comme un véritable gâteau de miel, dans lequel on a pratiqué ensuite les 45,000 alvéoles destinées à recevoir les cartouches.

Dans un cas comme dans l'autre, qu'il s'agisse de creuser des tranchées ou des ports, d'obtenir des blocs utilisables ou de réduire en poussière de redoutables récifs, on doit reconnaître que les explosifs modernes, et en particulier les *dynamites*, sont seuls capables d'assurer pratiquement de semblables résultats.

Il nous a paru, par suite, équitable de ne pas négliger cette occasion de rendre encore hommage à notre éminent collègue M. Alfred Nobel, qui, le premier, a doté le génie civil de ces incomparables moyens d'action, ainsi qu'aux Ingénieurs, — et parmi eux se trouvent aussi plusieurs de nos collègues, — qui ont puissamment contribué à en généraliser l'emploi.

Novembre 1885.

NOTICE

SUR LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

PAR

M. A.-C. BENOIT-DUPORTAIL

A la suite de la mort de mon camarade de promotion et ami Louis Richard, qui a eu l'honneur d'être Président de la Société en 1876, l'idée m'est venue de voir combien nous avons perdu de nos camarades et combien il reste de survivants, dont les plus jeunes ont maintenant soixante-un ans. Le nombre des morts de la promotion 1844 de l'École Centrale est de dix-sept et celui des survivants de vingt-neuf, sur un total de quarante-six, c'est-à-dire que le tiers d'entre nous, plus deux, manque à l'appel.

En faisant le même relevé pour la première promotion de la Société, la promotion de 1848, dont je fais partie, on trouve que, sur les cent trente-cinq sociétaires admis définitivement à cette époque et qui figurent sur l'Annuaire, la mort en a enlevé soixante-dix-neuf, soit cinquante-huit et demi pour cent, et qu'il n'en reste que cinquante-six, soit quarante-un et demi pour cent.

Cette forte proportion de mortalité pour les fondateurs de la Société s'explique très bien par ce fait que nous étions tous de tout jeunes gens en sortant de l'École Centrale, tandis qu'une grande partie des fondateurs de la Société étaient déjà des hommes faits et quelques-uns même des vieillards il y a trente-sept ans.

Mes souvenirs se reportant ainsi à l'origine de la Société, j'ai pensé qu'il ne serait pas hors de propos, non pas de faire son

histoire, mais une notice sur son origine, ses débuts et ses développements, au moyen des notes que je possède, comme ayant eu l'honneur d'en être membre dès le premier jour, et des renseignements très intéressants qui nous ont été donnés par nos présidents, MM. Eugène Flachat, Emile Muller et Ch. de Comberousse.

ORIGINE DE LA SOCIÉTÉ

Lors de la Révolution de février 1848, les élèves de l'École Centrale se sont demandé, comme cela était naturel en pareille circonstance, ce qu'allait devenir l'École, ce qu'allait devenir la profession d'Ingénieur civil et quel serait notre rôle dans la nouvelle organisation sociale qui se préparait.

Un grand nombre d'entre eux pensèrent que, en tout cas, le moment était venu de se grouper fortement et de constituer définitivement une Société des Ingénieurs sortis de l'École Centrale, comme on avait déjà tenté bien des fois, mais sans succès, de le faire.

C'est le 4 mars 1848, comme l'ont rappelé, le 7 juin 1872 et le 19 juin 1885, nos Présidents, MM. Emile Muller et Ch. de Comberousse, que MM. Alcan, Ch. Callon, Faure, Laurens et Thomas se sont rencontrés sur la place de l'Hôtel-de-Ville, et résolus à fonder la Société, ont dit : *Cela sera.*

MM. Alquié, Arson, Alexis Barrault, Benoît-Duportail, Victor Bois, Blard, Boudsot, Bricogne, Chabrier, Chevandier de Valdrôme, Clémandot, Deligny, Forquenot, Ganneron, d'Hamelincourt, Jullien, Loustau, Félix Mathias, de Montcarville, Nozo, Jules Pétiet, Camille Polonceau, Francis Pottier, Priestley, Scribe, Emile Trélat, Valério, Yvon-Villarceau et un grand nombre d'autres, se joignirent à eux avec empressement.

ORGANISATION PROVISOIRE, PREMIERS STATUTS.

Une Assemblée générale eut lieu immédiatement dans un des amphithéâtres de l'École Centrale, avec l'assentiment de M. Lavallée et du Conseil de l'École.

Le bureau provisoire, composé de :

MM. Ch. Callon, président ;
Faure, secrétaire-rapporteur ;
C. Laurens ;
A. Boudsot ;
et F. Scribe,

fut autorisé à s'adjoindre un certain nombre de camarades pour rédiger un projet de statuts qui fut présenté le 11 mars à une seconde Assemblée générale tenue également à l'École Centrale.

Les membres adjoints étaient : MM. Alquié, Arson, Blard, V. Bois, Bricogne, Ganneron, de Montcarville, Nozo et Yvon-Villarceau.

Un certain nombre de membres, animés d'un esprit libéral dont nous n'avons qu'à nous féliciter, firent observer que, indépendamment des anciens élèves de l'Ecole Centrale, il y avait d'autres Ingénieurs distingués qui honoraient notre profession et qui étaient d'ailleurs animés pour l'Ecole des sentiments les plus sympathiques ; et ils proposèrent de les admettre également, *ce qui fut adopté.*

Il y a lieu de remarquer que cette disposition qui faisait de la Société des Ingénieurs civils une grande Société savante et industrielle, lui ôtait une partie des caractères d'une association amicale et a retardé de quatorze ans la création de celle-ci.

On avait proposé aussi d'admettre les Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines ; mais les plus distingués d'entre nous, tout en reconnaissant qu'il y avait parmi eux beaucoup d'hommes de mérite, furent d'avis qu'il ne convenait de recevoir parmi nous que ceux qui auraient quitté le service de l'État, à cause de la nature même des fonctions de ceux qui sont chargés d'exercer un contrôle gouvernemental et une sorte de juridiction sur les Chemins de fer et sur l'Industrie en général ; ils pensaient avec raison que la

situation de ces derniers créerait nécessairement beaucoup de difficultés pour tout le monde. Leur opinion prévalut et il fut décidé que l'on n'admettrait pas comme membres de la Société les Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines au service de l'Etat, quelle que fût la sympathie que l'on pût avoir pour eux personnellement.

Il a, du reste, été bien entendu que l'on se ferait un plaisir, non seulement de recevoir, mais même d'inviter ces Messieurs, soit lorsque l'ordre du jour appellerait des questions importantes qui pourraient les intéresser, soit, réciproquement, lorsqu'ils auraient à faire des communications qui nous intéresseraient, et c'est ainsi que les choses se sont toujours passées.

Le titre primitif de la Société, inscrit sur les premiers statuts, était :

Société Centrale des Ingénieurs Civils fondée par les anciens élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures.

ORGANISATION DÉFINITIVE

Par suite de la décision prise le 11 mars 1848, des démarches furent faites près de MM. Eugène et Adolphe Flachat, Degousée, Goüin, Grouvelle, Houel, Pepin Lchalleur, le major Poussin, Servel, Vuigner et d'autres encore qui acceptèrent avec plaisir de faire partie de la Société.

» Le Bureau et le Comité définitif ont été nommés le 25 mars (1), » au scrutin de liste, et ont été composés de la manière sui- » vante :

» Membres du Bureau :

» MM. Eugène Flachat, Président ; Ch. Callon et Degousée, » Vice-Présidents ; Victor Bois et Scribe, Secrétaires ; Priesttey, » Trésorier.

» Membres du Comité :

» MM. Boudsot, Alcan, Pétiet, Laurens, Nozo, le major Poussin, » Grouvelle, Paul Séguin. »

(1) Voir le compte rendu n° 1 de 1848.

Le Bureau et le Comité se sont constitués le 30 mars.

Le titre de la Société a été modifié comme suit, par suite de la nouvelle organisation :

« Société Centrale des Ingénieurs Civils, fondée le 4 mars 1848. »

Le mot *Centrale* a été supprimé à partir du 1er janvier 1850.

Les membres de la Société ayant des origines diverses, nos réunions ne pouvaient plus avoir lieu à l'École centrale ; la Société n'eut pas de siège pendant quelque temps et le compte rendu n° 1 de 1848 porte, page 9, les mentions suivantes :

« . . . . . toutes les communications doivent être adressées » *franco*, pour ce qui concerne la discussion des questions étudiées » par la Société, ainsi que les demandes d'admission, à M. Victor » Bois, secrétaire, place du Havre n° 14.

» 2° Pour ce qui concerne les procès-verbaux et les vacances » intéressant les membres de la Société, à M. Scribe, secrétaire, » rue Blanche, 29.

» Les cotisations doivent être adressées *franco* à M. Priestley, » trésorier, rue Pavée-au-Marais, n° 3. »

La Société se réunit successivement à la Société d'Encouragement, alors rue du Bac, au manège de la rue Duphot, rue des Bons-Enfants, à l'Imprimerie Chaix, 20, rue Bergère.

Cet état de choses ne pouvait être que provisoire : il n'était pas possible que la Société restât nomade, comme elle l'était, et que nos archives fussent disséminées en plusieurs points, au domicile personnel de certains membres.

Aussi, dès que le Bureau se fut entendu avec M. Chaix, le siège de la Société a été établi à son imprimerie, rue Bergère, n° 20, comme on le voit sur la couverture du second cahier.

Avant d'aller plus loin, il importe de remarquer que, bien qu'un certain nombre d'Ingénieurs éminents, on peut même dire illustres, d'origines diverses, aient eu une part considérable dans le développement de la Société, presque depuis son origine, néanmoins sa fondation est due exclusivement, comme on le voit par ce qui précède, aux anciens élèves de l'École Centrale qui, animés d'un esprit libéral qui leur fait honneur, ont appelé au milieu d'eux tous les hommes qui exerçaient d'une manière honorable la profession d'Ingénieur Civil, et notamment M. Eugène Flachat, dont le

grand mérite, la haute position et les qualités précieuses ont puissamment contribué à donner à la Société l'importance et l'éclat dont elle jouit.

Il me paraît donc de toute justice, je dirai même de toute nécessité, d'inscrire dans notre annuaire la composition du Bureau provisoire qui a présidé à la première organisation de la Société en tête de la « Liste par années des anciens membres du Bureau et du Comité. »

L'esprit libéral qui animait alors et qui anime aujourd'hui les élèves de l'École Centrale qui ont formé longtemps les trois quarts du nombre total et qui en forment maintenant plus de la moitié, y compris les membres associés, est tel qu'ils n'ont pas hésité à appeler à la Présidence des Ingénieurs d'origines diverses quand ils leur ont reconnu des titres sérieux.

De 1848 à 1860, le fauteuil de la Présidence a été occupé neuf fois par des Ingénieurs Civils d'origines diverses. (M. Eugène Flachat, 5 fois, M. Perdonnet, M. Vuigner, 2 fois, et M. Stéphane Mony); et 4 fois seulement par des Centraux (MM. J. Pétiet, C. Polonceau, Ch. Callon et A. Faure).

De 1861 à 1870, 4 fois par des Ingénieurs d'origines diverses (M. Flachat, 2 fois, M. H. Tresca et M. le général Morin), et 6 fois par des Centraux (MM. J. Pétiet, Salvétat, Nozo, Love, Alcan et Vuillemin).

Enfin, de 1871 à 1885, 3 fois seulement par des Ingénieurs d'origines diverses (MM. Lavalley, H. Tresca et L. Martin) et 12 fois par des Centraux (MM. Yvon-Villarceau, Emile Muller, Molinos, Jordan, Richard, de Dion, J. Farcot, Gottschalk, H. Mathieu, E. Trélat, Marché et de Comberousse).

Les esprits chagrins pourront se dire : on voit bien par ces chiffres que les Centraux d'aujourd'hui sont devenus exclusifs et qu'ils ne laissent arriver à la tête de la Société que ceux qui sont sortis de leur école.

Il est facile de montrer en quelques mots qu'ils se trompent.

En 1848, les Centraux les plus âgés avaient à peine quarante ans et il n'y en avait qu'un petit nombre qui eussent acquis une réputation solide.

Depuis cette époque, la plupart de nos devanciers ont disparu et, grâce à l'instruction que l'on reçoit à l'École Centrale, une partie

de ses élèves, qui étaient alors des jeunes gens inconnus, sont devenus des hommes éminents et ont succédé naturellement à nos premiers maîtres.

En terminant ce chapitre, je dois dire que le Bureau définitif, nommé le 25 mars et installé le 30 du même mois, a bientôt reconnu la nécessité de se renforcer en s'adjoignant un troisième secrétaire, M. Adolphe Bellier, ce qui portait à sept le nombre des membres du Bureau, et en augmentant le nombre des membres du Comité qui a été porté à onze dont une partie se trouvaient déjà dans le premier Comité et d'autres ont été introduits un peu après.

Les nouveaux membres étaient MM. Alexis Barrault, Vuigner, Polonceau, Faure et Léonce Thomas.

MM. Boudsot et le major Poussin s'étaient retirés.

Le Comité se trouvait ainsi composé de : MM. Alcan, Laurens, Alexis Barrault, Jules Pétiet, Nozo, Grouvelle, Paul Séguin, Vuigner, Polonceau, Faure et Léonce Thomas.

PREMIERS TRAVAUX.

La situation politique de la France à cette époque devait nécessairement exercer une influence considérable sur les premiers travaux de la Société, qui ont eu pour objet :

La réorganisation des Ateliers nationaux ;

L'organisation du Corps des Ponts et Chaussées et du Corps des Mines ;

L'organisation de Cours publics à l'usage des ouvriers et autres ;

Et la revision des statuts de la Société.

Les Ateliers Nationaux ont disparu promptement.

L'organisation du Corps des Ponts et Chaussées et du Corps des Mines n'a pas été sensiblement modifiée jusqu'à présent et je ne me crois pas apte à émettre une opinion à cet égard, parce que la question est excessivement complexe.

L'organisation des Cours publics et de conférences ne pouvait avoir qu'une importance secondaire eu égard aux cours très nombreux du même genre qui existent déjà à Paris.

Enfin, la revision des statuts a donné lieu à des décisions qui

ont reçu sans retard leur application. Diverses modifications ont été introduites successivement depuis cette époque.

Les questions dont nous venons de parler n'avaient qu'un caractère éphémère et s'éloignaient même du but que la Société se proposait.

Les trois premiers mémoires techniques rentrant dans le cadre ordinaire de nos travaux ont été présentés par notre cher collègue, M. Yvert, ami ou camarade de beaucoup d'entre nous, et avaient trait :

Le premier au pont tubulaire de Conway ;

Le deuxième à un système de poutres creuses pour la construction des ponts ;

Et le troisième à un système pneumatique pour enfoncer les pilotis.

Ils sont traduits de l'anglais.

Un quatrième mémoire a été présenté par notre collègue, M. Deligny, également ami ou camarade de beaucoup d'entre nous, « sur la chute du pont du Chemin de fer de Paris à Saint-» Germain, à Asnières, incendié le 25 février 1848, et sur le pont » provisoire en charpente établi par M. Eugène Flachat, ingénieur » en chef. »

C'est un mémoire original.

Je n'ai point la prétention de faire ici l'énumération des mémoires qui vous ont été présentés, et mon intention a été seulement de rappeler ici les premiers pas qui ont été faits dans la voie qui a mérité à la Société le rang qu'elle occupe.

Je crois remplir un devoir en signalant spécialement les mémoires nombreux et très intéresssants que notre cher et regretté collègue, Alfred Nozo, a présentés dans l'origine de la Société sur l'entretien des roues, l'entretien des tubes, l'équilibre des locomotives, etc. La Société a récompensé son précieux concours en le nommant Président en 1866.

STATUTS DÉFINITIFS.

Les statuts définitifs diffèrent peu des statuts provisoires.

Les principales modifications résultent de ce que les élèves de l'École Centrale, fondateurs de la Société, ont renoncé, pour eux

et pour leurs futurs camarades, aux prérogatives qu'ils s'étaient réservées d'abord et sur lesquelles il est inutile d'insister.

Ces nouveaux statuts ont été adoptés par l'Assemblée générale du 13 juillet 1848.

Actuellement, le bureau est composé de :

1 Président ;
4 Vice-Présidents (au lieu de 3) ;
4 Secrétaires (au lieu de 3) ;
1 Trésorier.

Et le Comité est composé de :

20 Membres au lieu de 11) ;
Des Présidents honoraires ;
Et des anciens Présidents.

Il y a un point sur lequel je crois devoir appeler l'attention en terminant ce chapitre :

Depuis 1876, les anciens Présidents font, de droit, partie du Comité.

Cette mesure est très louable en elle-même : il est convenable que les hommes à qui nous avons confié la direction de la Société continuent à être appelés à donner leur avis sur les questions importantes. Mais elle a eu un résultat regrettable que l'on ne pouvait pas prévoir : c'est que les anciens Présidents ne se mettent plus sur les rangs pour être nommés une seconde, une troisième fois, comme l'ont été plusieurs de leurs prédécesseurs (MM. Jules Petit, H. Tresca et Vuignier, chacun 2 fois) sans parler de M. Eug. Flachat, qui a été nommé 7 fois.

Je ne demanderais assurément point de rapporter cette mesure, qui me paraît excellente, mais j'exprimerai le vœu qu'elle soit complétée en décidant que le titre de Président honoraire soit conféré de droit aux membres qui auront été appelés trois fois à la présidence : ce sera un stimulant qui engagera à se représenter des hommes que nous serions heureux de voir de nouveau à la tête de la Société.

DÉVELOPPEMENT DE LA SOCIÉTÉ

INAUGURATION DE SON HOTEL ACTUEL

Après avoir eu son siège rue Bergère, 20, pendant dix-huit mois, la Société qui avait grandi pendant ce temps, se sentant solidement assise, et voyant ses ressources suffisantes, a loué, rue de Buffault, n° 26, un local encore modeste, mais répondant alors à ses besoins, et dans lequel elle est restée plus de vingt-deux ans.

C'est là qu'elle a été reconnue d'utilité publique.

Enfin, elle a pu se faire construire, cité Rougemont, n° 10, son Hôtel actuel dont elle a pris possession le 7 juin 1872.

Dans la séance d'inauguration, M. Eugène Flachat, président honoraire de la Société, a prononcé un discours remarquable, où il a rappelé l'origine de notre profession et les luttes que les Ingénieurs civils ont eu longtemps à soutenir ; et M. Emile Muller, président pour l'année 1872, a fait rapidement, d'une manière également remarquable le tableau des progrès de la Société.

Il faut lire le discours de M. Eugène Flachat dans notre *Bulletin*, alors trimestriel d'avril, mai et juin 1872; j'en citerai seulement les passages suivants :

« Les premiers pas du Génie civil en France ont été difficiles et » incertains; l'accès en était interdit aux hommes qui, témoins des » services rendus par les Ingénieurs civils dans un pays voisin, vou- » laient fonder en France cette profession : il fallait tout conquéri- » rir et nous étions sans force et sans influence; il nous fallait dis- » puter pied à pied le terrain sur lequel devait s'exercer notre acti- » vité, et nous n'étions que des hommes obscurs, nouveaux venus, » dans une carrière dont le nom n'existait même pas.

» Il n'y avait pas de travaux publics accessibles à d'autres Ingé- » nieurs, qu'aux Ingénieurs de l'État. »

Après avoir exposé le mauvais état des routes et des voies navigables à cette époque, les entraves que l'administration publique mettait à leur usage, la mauvaise qualité des matériaux employés

à leur construction et à leur entretien, M. Eugène Flachat a rappelé d'une manière saisissante la part brillante que les Ingénieurs civils ont prise dans la création des chemins de fer, dans l'établissement de certains canaux, dans la construction des ponts suspendus, dans l'application du fer à la construction des ponts et des charpentes, dans le développement de la métallurgie et des ateliers et établissements industriels de toute espèce.

Avant de faire l'historique de la Société, M. Emile Muller a répondu les paroles suivantes :

« Notre cher président engage tous les ingénieurs à l'union.

» Elle est certes dans tous nos cœurs, car, aujourd'hui, plus que jamais, nous savons que seule, et prise dans toutes ses acceptions, elle peut rendre à notre chère France, sa grandeur et la haute situation qu'elle avait su conquérir.

» Mais je vous en conjure, que ce mot ne laisse pas naître dans votre esprit la pensée du silence ; le silence sur toutes les grandes et difficiles questions laisserait supposer l'Union, mais serait infailliblement l'abaissement de notre Société, serait peut-être sa mort.

» Ne craignons pas les désaccords passagers, ne nous laissons pas entraîner par ceux qui en redoutent les conséquences : l'esprit de notre Société est trop élevé pour que nos relations amicales souffrent d'une discussion, même ardente.

» Nous devons tout discuter et surtout, en ce moment, les questions d'intérêt général qui ont trait à notre profession.

» Rejeter de nos séances de certaines études, parce que les débats pourraient devenir passionnés, serait, à mes yeux, une grande faute, ce serait amoindrir le rôle que votre Société, si vous le voulez résolument, est destinée à remplir un jour.

» Rester modestement une Société d'appréciation et de discussion technologique n'est pas à la hauteur de la mission du Génie civil dont les premiers efforts viennent d'être exposés à nos méditations.

» Ce serait renoncer d'avance à une partie de notre but, à celui de représenter librement, en dehors de toute attache administrative, l'intérêt public, si souvent négligé.

» Ce serait manquer au but des fondateurs de notre Société, que je trouve si nettement formulé dans les premières lignes

écrites, il y a aujourd'hui même vingt-quatre ans, imprimées à la première page du premier compte rendu des séances. »

. . . . . .

» Rappelons-nous sans cesse que, pour conquérir l'influence qui doit couronner notre œuvre, il faut le travail et le dévouement de tous les membres de la Société.

» Notre devise doit être :

« *Labor omnia vincit.* »

Après avoir exposé le développement successif de la Société, M. Emile Muller donne à son tour des renseignements très intéressants sur la construction de l'hôtel dont le terrain a coûté 86,223 fr. 07 c., la construction proprement dite 143,633 francs et l'installation et le mobilier 40,000 francs. Ensemble 269,856 fr. 07 c.; et il signale le zèle et le dévouement de notre regretté collègue, M. Demimuid, architecte, chargé de diriger les travaux.

MM. Emile Muller et Ch. de Comberousse ont habilement retracé, le 7 juin 1872 (nous venons de l'indiquer pour M. Muller) et le 19 juin 1885, l'historique de la Société, dont je vais essayer de donner un résumé.

A la fin de la première année, le nombre des membres que l'on peut appeler fondateurs était de 135, dont la liste se trouve à la suite de la présente notice ; à l'heure où j'écris ces lignes, 56 seulement sont survivants.

La Société n'avait pas alors de fonds social et elle n'en a pas eu jusqu'en 1860.

En 1849, on compte 34 nouveaux membres dont 21 sont survivants.

Le nombre des sociétaires est ainsi porté à 169.

Il atteint presque 500 (498) dix ans plus tard, en 1859, sous la présidence de notre sympathique et regretté collègue, M. A. Faure, l'un des fondateurs.

Il s'élève à 519 en 1860, sous la présidence de M. Vuigner, l'un des fondateurs.

C'est à cette époque que, grâce à l'activité et au dévouement de M. Vuigner, la Société commença à avoir la solidité et l'importance auxquelles elle était naturellement destinée. Il poursuivit activement la demande en reconnaissance d'utilité publique. Cette reconnaissance nécessitait des modifications aux statuts et la formation d'un

fonds inaliénable de 50,000 francs : des souscriptions, des dons volontaires et des exonérations de la cotisation permirent de réaliser ce capital qui fut converti en 190 obligations de chemins de fer.

Enfin la même année, le 31 décembre 1860, la Société voyait ses travaux persévérants de douze années couronnés de succès par la reconnaissance d'utilité publique.

En 1864, sous la présidence de M. J. Pétiet, qui avait déjà été président en 1853, la Société prend un développement nouveau : 154 membres sont admis, grâce à sa perséverante activité ; le nombre des sociétaires s'élève ainsi à 750, et, parmi eux, les présidents des cinq grandes Compagnies de chemins de fer, qui firent chacun un don de 2,000 francs à la Société. Le fonds social est porté à 80,443 fr. 90.

En 1865, sous la présidence de M. Salvétat, 25 membres souscrivent pour donner une médaille d'or au meilleur mémoire remis à la Société dans le courant de l'année.

Cette médaille est décernée l'année suivante, 1866, sous la présidence de M. Nozo, à MM. Huet et Geyler pour leur mémoire sur le traitement des minerais.

La Société, suivant cette louable impulsion de l'initiative personnelle, décide que, à l'avenir, une médaille d'or sera décernée tous les ans, dans l'assemblée générale de juin, au meilleur mémoire remis dans le cours de l'année précédente.

La première médaille a été décernée en 1867 à M. Arson, pour son mémoire sur l'écoulement des gaz.

En 1867, M. Perdonnet, que la Société a perdu cette même année, a offert un prix représenté par une médaille d'or de 2,000 francs pour le meilleur travail sur les conditions techniques de traction des trains.

Ce prix a été décerné l'année suivante à MM. Vuillemin, Guébhard et Dieudonné pour leur mémoire sur la résistance des trains et la puissance des machines.

L'année 1867 était signalée par une grande Exposition universelle qui a laissé des souvenirs ineffaçables.

La Société veut avoir à sa tête, pour cette solennité, l'Ingénieur éminent qui a soutenu ses premières années et dont elle sait l'inaltérable et l'infatigable dévouement, et elle appelle à la présidence,

pour la septième fois, M. Eugène Flachat, auquel elle décerne, l'année suivante, le titre de *Président honoraire.*

L'Exposition de 1867 éveille, comme l'a très bien dit M. de Comberousse, les ambitions de la Société qui compte déjà plus de 900 membres et dont le capital est près d'atteindre 100,000 francs. Elle veut être chez elle et avoir *son Hôtel*, comme les Ingénieurs anglais.

En 1868, le capital atteint 106,910 francs et l'encaisse est de 3,968 fr. 45.

M. Love, alors président, s'occupe avec activité de l'acquisition d'un terrain.

En 1869, son successeur, M. Alcan, un des fondateurs de la Société, poursuit et mène à bonne fin les négociations qu'il a entamées et, le 11 février, 199 mètres de terrain sont achetés, cité Rougemont, n° 10, au prix de 390 francs le mètre.

Un concours est ouvert, suivant un programme arrêté par le Comité, pour la construction de l'hôtel, et notre regretté collègue, M. Demimuid, ancien élève de l'École Centrale, est chargé de l'exécution, son projet répondant le mieux aux conditions du programme.

Les travaux sont commencés en mai 1870, pendant la présidence de M. Vuillemin, sous la surveillance d'une commission composée de MM. Eugène Flachat, Crétin, Émile Muller et Vuillemin ; et ils sont poussés avec une telle activité, un tel dévouement qu'on peut heureusement les couvrir au mois de septembre de cette année néfaste. Pendant nos désastres, les baies de l'hôtel sont fermées avec des planches clouées, et il attend, comme nous, de meilleurs jours.

Enfin le 7 juin 1872, sous la présidence de M. Émile Muller, la Société prend possession de son hôtel, comme il est dit plus haut.

Les élections pour l'année 1871 furent retardées par suite de l'investissement de Paris et des douloureux événements qui ont suivi le siège, et ce n'est qu'au mois de juin de cette année que M. Yvon-Villarceau fut appelé à la présidence.

En vertu de la décision prise par l'assemblée générale du 21 juin 1872, le remboursement de l'emprunt contracté par la Société pour la construction de son hôtel devait se faire en quinze

années, à partir de 1877, de manière à être complètement opéré en 1892.

Beaucoup de souscripteurs avaient cru alors faire un don à la Société, comme l'a justement fait remarquer notre président, M. de Comberousse, dans son discours du 19 juin 1885, auquel j'emprunte ce qui suit, parce que ces lignes ont trait surtout à l'avenir de la Société :

« Qu'est-il arrivé, cependant ? A partir de 1877, les intérêts ont été régulièrement soldés, les tirages se sont continués et les obligations ont été remboursées année par année. Et, aujourd'hui, en 1885, nous avons le plaisir, comme le disait M. Loustan tout à l'heure, de ne pas faire de tirage au sort, parce que nous remboursons tout ce qui reste, parce que nous liquidons l'opération.

» Et nous arrivons à cet heureux résultat à peu près à la moitié du temps fixé.

» Il n'y a pas à insister, les chiffres ont une éloquence que rien ne peut remplacer.

» Permettez-moi seulement d'ajouter que la Société a donné là une preuve de puissance à laquelle ses meilleurs amis ne s'attendaient pas. Elle n'a plus qu'à vouloir pour atteindre bientôt l'épanouissement, l'extension à laquelle elle a droit et dont elle a besoin.

» Je me range parmi les prudents, je désire qu'on accroisse les ressources avant de rien entreprendre de nouveau. Mais, si pourtant on rencontrait une de ces occasions qu'on regrette trop ensuite d'avoir laissé échapper, l'expérience que nous venons de faire me rendrait audacieux et je n'hésiterais pas à la recommencer pour donner à la Société une demeure plus vaste, mieux éclairée, répondant à tous ses besoins, vraiment digne d'elle, en un mot, et de ses destinées. Quand nous atteindrons le chiffre de 3,000 membres, il n'y aura pas d'ailleurs à hésiter.

» Ainsi, pas à pas, nous grandissons et nous faisons de plus en plus honneur aux efforts de nos dignes et éminents fondateurs.

» Nos budgets aussi ont grandi, mais c'est pour que nous puissions tenir notre place et mieux remplir nos devoirs.

» En 1875, les Bulletins sont trimestriels, et nos impressions de toutes sortes (les reliures comprises) atteignent 17,672 francs. Je

n'entre pas dans le détail, qui nous conduirait trop loin : je dis ce qu'on a payé en bloc.

» En 1876, les Bulletins deviennent bimensuels, et, de ce fait, la dépense, au chapitre des impressions, s'élève pour 1877, à 25,452 francs.

» Les Bulletins deviennent mensuels en 1880, sous la présidence de M. Gottschalk, et nous payons, en 1881, une somme correspondante de 33,590 francs.

» Les dépenses de personnel qui, en 1875, ne comptaient que pour 6,640 francs, montent en 1881, avec la nouvelle organisation reconnue nécessaire, à 14,560 francs.

» Ce sont là, avec raison, nos deux chapitres les plus chargés.

» Maintenant que nous sommes entièrement propriétaires de l'hôtel, que nous n'avons plus d'obligations à éteindre, nous pouvons dire, en chiffre rond, et sauf les dépenses exceptionnelles qu'il faut toujours prévoir, que notre budget des dépenses va osciller, pendant plusieurs années, autour de 60,000 francs.

» Avec 2,000 membres, non exonérés, le budget des recettes serait de 72,000 francs ; avec 2,500 membres, de 90,000 francs ; avec 3,000 membres, de 108,000 francs.

» Vous pouvez juger maintenant pourquoi j'ai indiqué tout à l'heure le chiffre de 3,000 membres comme celui qu'il fallait atteindre au plus tôt, et qui nous donnerait toute la confiance et toute l'élasticité nécessaires pour tenter une nouvelle migration, cette fois définitive, au moins pour de longues années. »

PIÈCES ANNEXES

Bureau provisoire du 4 mars 1848

MM. Ch. Callon, président :
A. Faure, secrétaire-rapporteur ;
C. Laurens, A. Boudsot, F. Scribe.

Membres adjoints pour la rédaction des Statuts :

MM. Alquié, Arson, Blard, Victor Bois, Bricogne, Ganneron, de Montcarville, Nozo et Yvon-Villarceau.

1er Bureau définitif, nommé le 25 mars et installé le 30 mars 1848.

MM. Eug. Flachat, président ;
Ch. Callon et Degousée, vice-présidents ;
Victor Bois et Scribe, secrétaires ;
Priestley, trésorier.

Membres du Comité :

MM. Boudsot, Alcan, Pétiet, Laurens, Nozo, le major Poussin, Grouvelle et Paul Séguin.

1er Bureau modifié au 13 juillet 1848.

MM. Eug. Flaschat, président ;
Ch. Callon et Degousée, vice-présidents ;
Victor Bois, F. Scribe et Ad. Bellier, secrétaires ;
Priestley, trésorier.

Membres du Comité :

MM. Alcan, Laurens, Al. Barrauld, Jules Pétiet, Nozo, Grouvelle, Paul Séguin, Vuiguer, Polonceau, Faure et Léonce Thomas.

LISTE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ ADMIS EN 1848

MM.	MM.
Aboitard.	Armengaud aîné, père.
— Aby.	Arson.
— Alcan (Michel).	— Bardou.
— Alguie.	— Barrault (Alexis).

MM.

— Bartholomey.
Benoit-Duportail.
— Bergeron.
Biver.
— Blacher.
Blanche.
Blard.
— Bois (Victor).
— Bonnet (Auguste).
— Bonnet (Victor).
— Bordet.
Boucart.
— Boudent.
— Boudsot.
Bougère.
Bourcart.
— Bourdon.
Bourguignon (Etienne).
— Boussou.
— Boutin.
Bricogne (Charles).
— Bridel.
Caillé.
— Cavé (François).
Chabrier.
— Chapelain.
Charpentier (Joseph-Ferdinand).
— Chevandier de Valdrome.
— Chobrzynski.
— Cornet.
— Courtépée.
Daguin.
— Dauré.
Darblay (Paul).
— Debauge.
— Degousée père.
Deligny.
Delom.
Desmazures.
Donnay (Charles).
— Dufournel.
— Duméry.

MM.

Durocher.
— Edwards.
— Faure (Auguste).
— Faure de Villatte.
— Fèvre (Léon).
— Flachat (Adolphe).
— Flachat (Eugène).
— Forquenot (Victor).
Fresnaye.
Ganneron.
— Gardissal.
— Gayrard.
— Gerder.
Germon (Alexis)
— Geyler.
— Grenier.
Guérard (Paul).
Guittier.
Guillaume (Charles).
Guillaume (Henri).
— d'Hamelincourt.
Hermary.
— Holcroft.
— Houel.
— Hubert.
Huet (Alfred).
— Julien
Laborie.
Labouverie.
— Lacambre.
Laligant.
Lalo.
Lasalle.
Laurens (Camille).
Lecler (Achille).
Lebon.
Lecœuvre.
— Lemaitre.
Lemoinne (Lucien).
— Lependry.
— Le Roy.
— Lorentz.

MM.

Loustau.
— Mangeon.
Mariotte.
Mathias (Félix).
Mathias (Ferdinand).
— Mesdach.
— Meyer (J.-J.).
— Mirecki.
Mitchell.
Nancy.
— Nozo (Alfred).
— Pépin Le Halleur.
— Perdonnet.
— Pétiet (Jules).
— Picard.
— de Planhol.
— Poinsot.
— Polonceau (Camille).
— Pot.
Pothier (Francis).
Pottier (Ferdinand).
— Poupé.

MM.

— Priestley.
— de Pury.
Redon.
de Régel.
— Rhoné.
Salleron.
— Salvétat.
— Saulnier.
— Scribe.
— Séguin (Paul).
— Servel.
— Thomas (Léonce).
— Thomas (Frédéric).
— Thomé de Gamond.
Trélat (Emile).
— Valério (Oscar).
Véron.
— Vollant.
— Vaigner.
Yvert.
— Yvon-Villarceau.

CHRONIQUE

Sommaire. — Les premiers chemins de fer français. — Essais à l'indicateur sur des locomotives. — Enveloppes calorifuges. — Prix Fourneyron.

Les premiers chemins de fer français. — La Belgique a célébré cette année, avec un éclat dont un certain nombre de membres de la Société ont pu se rendre compte *de visu*, le cinquantième anniversaire de la création de ses chemins de fer.

Notre Président avait rappelé auparavant, dans une de nos séances, que cette même année marquait le cinquantième anniversaire de la concession du chemin de fer de Saint-Germain, point de départ de la construction du réseau des chemins de fer français. Un de nos collègues, M. A Leger, a réclamé énergiquement en faveur du chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon, qui, dès 1831, c'est-à-dire quatre ans avant qu'on songeât seulement à décréter le chemin de fer de Saint-Germain, était exploité avec des locomotives et transportait déjà, bon an mal an, en 1835, 200,000 voyageurs et 500,000 tonnes de marchandises.

Notre collègue a publié, dans le *Lyon Industriel*, sous le titre de « *les Premiers Chemins de fer français*, » une intéressante notice dont nous donnons ci-dessous un résumé succinct.

Le chemin de fer de Saint-Etienne à Andrezieux avait été ouvert dès le mois d'avril 1828, la traction était faite par des chevaux; cette ligne fut entièrement remaniée pour faire place à la ligne de Saint-Etienne à Montbrison ; elle fut abandonnée en juin 1864, après avoir servi pendant trente-six ans; elle n'est citée qu'en raison d'un intérêt historique; le premier chemin de fer construit en France et méritant réellement ce nom est le chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon, lequel, mis en adjudication le 27 mars 1826, fut adjugé à 33 p. cent de rabais consenti sur le tarif maximum de 0 fr. 15 c. par tonne kilomètre, à une compagnie représentée par MM. Seguin frères et Biot.

L'étude de cette ligne fut faite avec le plus grand soin et le tracé fut établi si judicieusement que, vers 1853, à la reprise du chemin par le Grand-Central, il n'y eut que des réfections de détail très peu importantes à faire pour mettre cette ligne à la hauteur des progrès réalisés depuis vingt-cinq ans.

Le prix d'établissement avait été seulement de 270,000 francs par kilomètre, c'est-à-dire, très inférieur à celui du chemin de fer de Liverpool à Manchester, bien que la ligne comptât des travaux d'art

importants, entre autres 4,100 mètres de tunnels, sur une longueur totale de 56 kilomètres.

La ligne avait été établie à double voie, sauf pour les trois grands tunnels de la Mulatière, de Rive-de-Gier et de Terrenoire, dont le dernier avait la longueur, considérable pour l'époque, de 1,510 mètres. Les courbes avaient un rayon minimum de 500 mètres, et les rampes, de 5 à 6 millièmes entre Lyon et Rive-de-Gier, s'élevaient à 15 millièmes de Rives-de-Gier à Saint-Etienne.

La voie était établie en rails de fer à simple champignon pesant 13 kilogs le mètre, posés sur dés en pierre, écartés de 1m, 05; dès 1836, le poids des rails fut porté à 26 kilogs, c'est-à-dire au double du poids primitif.

La ligne ne fut terminée qu'en 1833, la première section, celle de Givors à Grand-Croix, ayant été ouverte en 1830; les acquisitions de terrain, difficiles à réaliser en l'absence de l'expropriation qui ne fut réglée que par la loi de 1841, firent perdre beaucoup de temps et firent dépasser notablement les prévisions du devis.

A l'origine la traction se faisait par des chevaux; il y avait des trains mixtes, voyageurs et marchandises, et des trains spéciaux de voyageurs, comprenant des voitures dites *financières*, imitées des diligences, avec deux coupés, deux compartiments d'intérieur et une impériale pour les bagages.

Dès 1831 les locomotives de M. Seguin aîné avaient été mises en service; elles avaient des cylindres verticaux actionnant les manivelles des quatres roues par des balanciers et des bielles pendantes; le tirage de la chaudière tubulaire était activé par des ventilateurs placés sur le tender; ces machines pesaient 6 tonnes et remorquaient 16 à 18 wagons de 4 tonnes en palier, 7 à 8 sur rampes de 6 millièmes et 2 à 3 sur les fortes inclinaisons de 15 millièmes; comme elles étaient trop légères, on dut créer en 1833 des machines de 10 tonnes, du type des machines anglaises, lesquelles remorquaient 80 à 85 tonnes en palier, 40 sur les rampes de 6 et 12 à 16 sur les rampes de 15 millièmes.

Ce dernier résultat n'était pas encore suffisant pour assurer l'exploitation économique des rampes et on trouva, sur la section spéciale de Grand-Croix à Saint-Etienne, avantage à revenir à l'emploi des chevaux, jusqu'en 1844 où M. Verpilleux créa le type à tender moteur qui prit son nom, pesant en tout 26 tonnes avec 4 cylindres et 8 roues motrices.

Les tarifs étaient trop bas pour que le produit de l'exploitation fût suffisamment rémunérateur; on dut demander, dès 1831, le relèvement de 0 fr. 098 à 0 fr. 12, et, avec une exploitation à 75 p. cent des recettes brutes, la compagnie de Saint-Etienne à Lyon put de 1835 à

1840, réaliser en moyenne 700,000 francs de bénéfices annuels, soit environ 5 pour cent du capital d'établissement.

Des dégâts causés par les inondations vinrent compliquer la situation; les dépenses résultant de cette cause et celles nécessitées par des agrandissements devenus indispensables, durent être opérées au moyen d'avances faites par l'Etat et remboursées par des surtaxes établies sur les transports.

En résumé, comme le fait observer M. Léger, alors que le chemin de fer de Saint-Germain n'existait encore que sur le papier, la région lyonnaise avait un chemin de fer en pleine exploitation pour voyageurs et marchandises avec des locomotives, sauf sur les rampes de 25 millièmes, venues trop tôt, mais dans tous les cas, exploitées avec les machines Verpilleux dix ans avant qu'on osât admettre de telles inclinaisons nulle part ailleurs.

La ligne d'Andrezieux à Roanne offre un exemple non moins remarquable; destinée à porter les houilles du bassin de Saint-Etienne à un point où la Loire devient plus facilement navigable, elle fut adjugée en 1828 à MM. Mellet et Henry, et fut ouverte au commencement de 1833, en avance de deux ans et demi sur le délai fixé pour l'achèvement et, chose non moins remarquable, avec une économie très importante sur le prix prévu d'établissement; elle a coûté 107,000 le kilomètre pour simple voie. La longueur totale était de 67 kilomètres, et comportait plusieurs sections à déclivités modérées séparées par des plans inclinés automoteurs dont les rampes atteignaient 45 et 50 millimètres; des machines fixes étaient installées au sommet des plans inclinés pour compenser les différences de chargement; on simplifia même la solution en attelant une locomotive au train descendant qui remorquait du même coup le train montant avec son câble agissant comme prolonge de 3 kilomètres de longueur; cette disposition ingénieuse a été proposée souvent depuis.

La partie de la ligne comprenant ces plans inclinés a été rectifiée en 1856 par le tracé actuel; mais le reste a été conservé par la ligne actuelle, ce qui fait croire que cette construction était loin de représenter une simple ébauche.

Les locomotives furent introduites dès 1834 sur la section à déclivité modérée du chemin de fer d'Andrezieux à Roanne ; elles étaient de construction anglaise et remorquaient 120 tonnes en palier, elles traînaient même 3 wagons ou 12 tonnes brutes sur la rampe de 45 millièmes du Bernand; ces machines pesaient 6 à 7 tonnes. On organisa de bonne heure des trains de voyageurs avec des voitures à trois compartiments contenant 30 personnes.

L'exploitation de cette ligne fut peu rémunératrice; les recettes n'atteignirent que le tiers des chiffres prévus et ne permirent que la

rémunération à 1 1/2 pour cent du capital engagé ; la situation ne s'améliora que bien après 1840.

M. Leger cite encore le cas du chemin de fer sur route de Montrond à Montbrison, concédé en 1835 à M. Cherblanc ; cette ligne de 15 kilomètres fut exploitée jusqu'en 1841 et on peut dire que l'essai fut au point de vue technique absolument satisfaisant, mais le succès financier ne fut pas réalisé et l'entreprise dut se mettre en liquidation.

Notre collègue rappelle avec raison ces utiles et glorieux souvenirs, bien moins obscurcis toutefois qu'il ne paraît le croire ; il insiste particulièrement sur ce fait, intéressant à noter, que ces entreprises hardies et profitables furent conçues et réalisées par l'initiative locale simplement mise en œuvre par un groupe d'hommes qui ont été les véritables pionniers des chemins de fer français, Beaunier, les frères Seguin, Biot, Coste, Mellet, Henry, Clément Desormes, Locard, etc. Il ne fut point nécessaire, dit M. Leger, de recourir au concours des puissances financières en renom sans lesquelles, en plein Paris, on ne fût point parvenu, en 1835, à trouver les 18 millions nécessaires à la création du petit chemin de fer de Paris à Saint-Germain, alors que, de 1825 à 1835, l'épargne lyonnaise et stéphanoise avait pu suffire, sans effort et sans éclat, à fournir les 26 millions que coûtèrent les quatre premières lignes de chemin de fer établies en France.

Dans la situation difficile que traverse en ce moment l'industrie de Rhône-et-Loire, ces grands exemples d'initiative ne doivent pas être perdus, ils doivent au contraire être invoqués pour défendre et sauver la fortune industrielle de ces régions, gravement menacée dans les circonstances actuelles.

Essais à l'indicateur sur des locomotives. — Le *Railroad Gazette* a donné récemment les résultats d'une série d'essais faits sur une locomotive à voyageurs du Philadelphia and Reading Railroad par MM. Abbey et O Baldwin, étudiants à l'Institut de Stevens.

Cette machine n° 169, construite aux ateliers de Baldwin en 1882, est du type ordinaire de la Compagnie ; en voici les principales dimensions :

Diamètre des cylindres	0m,456
Course des pistons	0m,610
Diamètre des 4 roues couplées . . .	1m,720
Surface de grille	3m, 60 m²
Surface de chauffe totale	127m, 00

Le rapport de la surface de chauffe à la grille est de 35,3 ; la tuyère d'échappement a une section égale à 0,375 de la section totale des deux tuyaux d'échappement.

La machine faisait le service entre Jersey City et Bound Brook en

traînant des trains de 4 ou 5 voitures; la distance de 52 kilomètres était franchie en 35 à 45 minutes, ce qui donne une vitesse moyenne de 89 à 70 kilomètres.

Les expériences ont comporté une série de relevés de diagrammes d'indicateur, avec mesure du combustible brûlé et jaugeage de l'eau d'alimentation.

Nous nous bornerons à donner le résumé des résultats obtenus, en y joignant quelques remarques suggérées par le caractère particulier des conditions dans lesquelles les essais ont été faits.

Le tableau ci-dessous donne les résultats constatés par les diagrammes.

NUMÉROS DES DIAGRAMMES	ADMISSION EN CENTIÈMES	PRESSION A LA CHAUDIÈRE	PRESSION AU COMMENCEMENT DE L'ADMISSION	PRESSION AU COMMENCEMENT DE LA DÉTENTE	CONTRE-PRESSION MOYENNE	NOMBRE DE TOURS PAR MINUTE	VITESSE DES PISTONS PAR SECONDE	VITESSE EN KILOMÈTRE A L'HEURE	PUISSANCE EN CHEVAUX INDIQUÉS
		kil.	kil.	kil.	kil.		m.		
2	0.20	9.6	7.3	7.1	0.70	365	7.42	118	444
3	0.20	9.6	6.8	5.9	0.85	340	6.91	110	368
4	0.23	9.6	8.4	7.1	0.92	268	5.45	87	363
5	0.20	10.0	7.4	6.2	0.57	340	6.91	104	442
6	0.25	9.7	8.2	7.2	1.21	320	6.91	104	442
7	0.40	9.6	7.8	6.2	1.77	368	5.00	118	448
8	0.40	9.6	8.0	6.8	0.92	365	7.42	118	444
9	0.20	10.3	8.0	6.8	1.13	390	7.93	126	349
10	0.20	10.3	7.4	6.8	1.13	390	7.93	126	345
		9.8	7.7	6.7	1.03	350	7.12	113	402

On remarque que la différence entre la pression de la vapeur à la chaudière et la pression au commencement de la course des pistons est considérable : elle va jusqu'à 2 kilogrammes par centimètre carré ; on constate une différence également importante entre la pression au commencement de la course et la pression au moment de la fermeture du tiroir, de sorte que la chute totale entre la pression de la chaudière et la pression au début de la détente est, dans certains cas, de plus de 3 kilogrammes ; cet effet tient, dit la note, en partie à l'ouverture partielle du régulateur et en partie à l'insuffisance des passages à des vitesses aussi considérables que celles auxquelles ont été relevés les diagrammes.

La contre-pression est également très élevée ; elle est en moyenne de 1 kilogramme au moins en dessus de la pression de l'atmosphère ; cette forte contre-pression est motivée par l'énergie du tirage nécessaire pour brûler la grande quantité de combustible consommé par la machine.

Les passages de vapeur sont évidemment encore insuffisants, pour les conditions de vitesse réalisées dans ces essais ; les lumières des cylindres ont $0^m,406 \times 0,041$, soit 1,665 décimètre carré, ou très sensiblement un dixième de la section du piston. Ce rapport est certainement très satisfaisant au point de vue absolu, mais, si on remarque que la vitesse du piston s'est élevée parfois aux valeurs excessives de $7^m,42$ et $7^m,93$, on trouve que la vitesse moyenne de la vapeur atteindrait déjà, dans l'hypothèse de l'ouverture complète des lumières, $74^m,3$ et $79^m,30$ par seconde, vitesses qui en réalité s'élèvent beaucoup plus haut et doivent entraîner des chutes de pression considérables, surtout si, comme il est très probable, la vapeur contenait une proportion d'eau un peu élevée.

Les relevés directs ont fait constater une consommation de combustible de 1080 kilogs à l'heure ; c'était de l'anthracite des mines de Upper Lehigh ; cette consommation ressort au taux de 300 kilogs par mètre carré de grille et par heure. La dépense d'eau a été de 7675 litres, ce qui donne 7,107 d'eau pour 1 de combustible et une production de vapeur de 60 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe.

Ces consommations de combustible et d'eau rapportées à la puissance indiquée moyenne de 402 chevaux, donnent une dépense de 2,70 kilogrammes de combustible et 19,2 kilogrammes de vapeur par cheval indiqué et par heure.

On peut dire que, pour une machine à vapeur fonctionnant avec des pressions à la chaudière de 7,5 à 10,5 kilogs par centimètre carré et des admissions de 0,20 à 0,25 de la course, s'étant exceptionnellement élevées à 0,40, ces résultats n'ont rien de satisfaisant.

Nous croyons toutefois qu'il ne faut pas les prendre absolument au pied de la lettre et que les dépenses de combustible et d'eau sont faussées, la première par un énorme entraînement de charbon échappant à la combustion, entraînement occasionné par un tirage très violent et rendu d'ailleurs plus facile par la nature du combustible employé, et la seconde par un entraînement d'eau dû à la vaporisation exagérée demandée à la chaudière.

On ne doit pas perdre de vue qu'un travail excessif imposé à une partie d'un appareil moteur à vapeur entraîne des conséquences défavorables pour toutes les autres parties.

Dans l'espèce, le mal provient d'abord de vitesses excessives imposées à des machines non appropriées à ces vitesses ; il en résulte immédiatement une vitesse de piston exagérée, laquelle, en présence d'orifices devenus insuffisants à ces vitesses, fait agir la machine comme si on lui

avait attelé, d'une part, ne pompe à faire le vide et, de l'autre, une pompe de compression d'air. De là une exagération du travail à fournir, laquelle exige un supplément de dépense de vapeur; la chaudière est donc conduite à produire par mètre carré une quantité de vapeur excessive, laquelle amène nécessairement l'émersion du niveau d'eau de la chaudière d'un volume plus considérable de vapeur, une vitesse d'émersion plus grande et finalement une proportion plus élevée de l'eau mélangée avec la vapeur. Cette modification de la nature du fluide moteur agit défavorablement sur la marche de la machine proprement dite; la résistance dans les passages augmente encore et la vapeur humide travaille moins bien, de sorte que non seulement il y a plus de travail à fournir, mais que chaque unité de ce travail coûte plus à produire et que par conséquent on a encore plus de vapeur à demander à la chaudière; c'est un cercle d'où on ne peut plus sortir.

Le foyer vient également se mettre de la partie; il faut brûler un poids de combustible exagéré, c'est-à-dire augmenter la combustion par unité de surface; il faut forcer le tirage, d'où contre-pression derrière les pistons et augmentation de travail à fournir par la machine, entraînement d'une partie du combustible non utilisé et dès lors nécessité d'accroître encore la quantité de combustible à jeter sur la grille, nous ne disons pas à brûler.

On arrive ainsi à gaspiller en pure perte le combustible et la vapeur.

Ces considérations sont justifiées, non seulement par les dépenses excessives de combustible et d'eau rapportées à l'unité de puissance développée, mais également par les températures constatées dans la boîte à fumée. Les expérimentateurs se sont servis à cet effet du pyromètre de Bulkley; la température qui ne dépassait pas 150 degrés pendant les stationnnements s'élevait à 650, c'est-à-dire au rouge naissant, dans la marche à 100 kilomètres.

Ces expériences sont très intéressantes. Doit-on en conclure que la traction à très grande vitesse est nécessairement coûteuse comme combustible? Ne doit-on pas admettre plutôt qu'elle démontrent qu'il faut avoir des machines appropriées aux divers services et que des locomotives convenables pour des vitesses de 70 à 80 kilomètres ne sauraient fournir avantageusement des vitesses de 100 à 120 kilomètres?

Il est très possible que sous ce rapport la pratique américaine de la construction des locomotives ou plutôt de leur usage ne soit pas à imiter.

Enveloppes calorifuges. Nous trouvons dans l'*American Engineer* une expérience qui montre d'une manière frappante l'avantage des enveloppes contre le refroidissement et permet de chiffrer cet avantage.

Dans une usine de fabrication de matières grasses, on a opéré sur deux réservoirs en tôle de $1^m,83$ de diamètre et 3,66 de hauteur, ces réservoirs avaient leur base protégée par le soubassement en maçonnerie

sur lequel ils reposaient; les parois et le couvercle étaient exposés à l'air, cette surface représentant 21 mètres carrés en nombre rond.

Un des réservoirs reçut sur ses parois une couverture en mastic d'amiante, tandis que l'autre conserva ses parois nues; on maintint dans les deux réservoirs une pression de vapeur de 2 1/2 kilogrammes effectifs, et on recueillit l'eau condensée dans chacun, laquelle était pesée avec exactitude.

On constata que le réservoir à parois nues condensait 66,14 kilogs de vapeur par heure, et le réservoir à parois protégées 24,46, différence 41,68. Les chiffres correspondent à 3,15 et 1,17 kilogrammes de vapeur condensée par mètre carré et par heure, ce qui s'accorde d'ailleurs bien avec les chiffres généralement admis.

Les 41,68 kilogrammes de vapeur économisés représentent, à raison de 7,5 kilogs de vapeur par kilog de combustible, 5,50 kilogs de combustible à l'heure, ou 132 par journée de 24 heures. A 15 francs la tonne, c'est une dépense de 1 fr. 98, soit 2 francs en nombre rond. On peut évaluer à 10 francs le mètre carré le prix de l'enveloppe protectrice, soit 210 francs pour le réservoir; la dépense serait donc couverte par l'économie représentée par 105 jours de travail, soit 3 mois et demi et, à partir de ce moment, on réaliserait un bénéfice net de 2 francs par jour et par réservoir. L'usine dans laquelle a été faite l'expérience employant 16 de ces réservoirs, l'économie annuelle atteint presque 12,000 francs.

Prix Fourneyron. — L'Académie des sciences a, dans sa séance publique annuelle du 21 décembre 1885, décerné le prix Fourneyron à notre éminent et vénérable collègue, M. Daniel Colladon.

Voici les termes du rapport de la commission, composée de MM. Phillips, Lévy, Haton de la Goupillière, Lalanne, et Resal, rapporteur.

« L'Académie avait proposé pour sujet du prix qu'elle doit décerner cette année, la question suivante : *Etude théorique et pratique sur les accumulateurs hydrauliques et leurs applications.*

Aucun mémoire ne lui étant parvenu sur cette question, la commission a cru devoir se livrer à des recherches sur les travaux actuels qui, par leur nature, rentrent dans le programme général tracé par le fondateur du prix; son attention s'est arrêtée sur M. Daniel Colladon.

M. Colladon est le premier qui ait proposé (1852), l'emploi de l'air comprimé substitué aux câbles pour transmettre la force dans les tunnels et c'est d'après ces idées que l'on a établi les compresseurs de Modane et de Bardonnèche, régions extrêmes du tunnel du Mont-Cenis.

En 1871, M. Colladon inventa pour la compression de l'air une pompe dont le piston et la tige prolongée au delà du cylindre sont creux; leur intérieur est constamment refroidi par de l'eau amenée

dans un tube concentrique à la tige et qui ressort par l'espace annulaire.

Les turbines d'Airolo, de 200 chevaux chacune, faisant 350 révolutions par minute, M. Colladon a fait établir les pompes de son système à raison de 80 tours de manivelle dans le même temps, ce qui lui a permis de n'employer qu'un seul engrenage, comme transmission, de la roue tangentielle à chaque arbre moteur. Pour éviter l'emploi des volants, les pompes ont été groupées au nombre de trois, supportées par un même bâti et actionnées par une manivelle triple. Cinq groupes ont alimenté les cinq compresseurs.

La même disposition a été adoptée du côté de Goschenen; seulement les arbres à manivelles n'ont fait que 60 tours par minute.

On a constaté que les pompes à grande vitesse du système Colladon ont donné deux fois plus de puissance en air comprimé que les appareils du Mont-Cenis; d'ailleurs l'emplacement occupé a été réduit de 1/5 à 1/6 et la dépense de un tiers.

Il résulte de cet exposé que M. Colladon est le véritable créateur des compresseurs (dont dès l'origine il avait établi la théorie) et qu'il a apporté au Saint-Gothard des améliorations considérables sur les anciens appareils du Mont-Cenis.

Pour ces motifs, la commission décerne le prix à M. Daniel Colladon et propose d'en porter exceptionnellement la valeur à 3,000 francs. »

Ces considérants sont certainement des plus flatteurs pour notre collègue et on conçoit que le rapporteur ne pouvait entrer dans de grands développements à ce sujet. On nous permettra donc de compléter cet exposé en signalant deux points d'une importance capitale dans cette question et qui ont été omis dans les considérants que nous venons de reproduire.

Le premier est que, si M. Colladon a pu songer à réaliser l'emploi de l'air comprimé pour la transmission des forces à distance, c'est parce que des expériences longues et minutieuses, commencées par lui dès 1850 et terminées en 1852, sur la circulation de l'air en longues conduites, lui ont démontré que les formules adoptées comme générales pour les petits, moyens et gros diamètres, à la suite des expériences de d'Aubuisson et Girard, qui n'avaient opéré que sur des conduites de $0^m,10$ de diamètre au maximum, étaient erronées pour des diamètres notablement plus grands et que, pour des canalisations en fonte de $0^m,20$ à $0^m,25$ et plus de diamètre, bien nettoyées et lisses à l'intérieur avec des joints convenablement faits, la perte de charge n'est guère que la moitié de celle que donneraient ces formules.

Le second point est que le perfectionnement capital appliqué aux compresseurs dès 1872 par M. Colladon est l'injection d'eau pulvérisée à l'intérieur des cylindres, ce qui a été le seul procédé efficace pour obtenir une marche très rapide (200 coups et plus par minute) sans

que l'air comprimé à 8, 10 et même 14 atmosphères s'échauffât de plus de 20 degrés.

Ce dernier perfectionnement a eu une influence décisive, tant sur l'économie de travail dépensé pour la compression que sur le volume d'air obtenu d'un appareil de dimensions données; ce dernier avantage s'est traduit par une réduction considérable du prix des appareils et de l'emplacement qu'ils exigent; il est facile de comprendre l'importance de ces résultats pour les transmissions de force à distance, problème dont l'importance devient tous les jours plus capitale.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Octobre 1885

Rapport de M. de Luynes, sur les procédés de MM. Appert frères, pour l'**application de l'air comprimé au travail et au soufflage du verre.**

Ces procédés ont été décrits dans la séance du 19 octobre 1883 de la Société des Ingénieurs civils (1883, vol. II, pages 368 et 416).

Rapport de M. Le Roux, sur l'appareil dit **compteur hydraulique d'électricité,** de MM. Marchand et Gerbon.

Cet appareil est un compteur horaire totalisateur, destiné à mesurer les temps pendant lesquels ont fonctionné un nombre quelconque d'appareils dans lesquels l'électricité peut avoir à jouer un rôle ; il ne donne pas les quantités d'électricité.

Le principe de cet instrument consiste à faire soulever une soupape par un électro-aimant qui fonctionne dès que le courant passe, cette soupape laissant écouler de l'eau dont le volume mesuré est proportionnel au temps de l'écoulement, c'est-à-dire du fonctionnement

des appareils électriques, tels, par exemple, que des lampes incandescentes.

Cet appareil n'a encore été réalisé que sous la forme d'un modèle de démonstration.

Rapport de M. Bardy sur un **appareil destiné à la conservation des boissons**, de M. A. Gay.

L'auteur propose de conserver les liquides sujets à altération par le contact de l'air, tels que les boissons fermentées, vins, cidre, bière, dans des récipients cylindriques en verre, de 25 litres environ de capacité, entourés d'un clissage en osier; ces vases ont leur bord supérieur rodé, ce qui permet la fermeture par des couvercles en verre s'appliquant sur ces bords par l'intermédiaire d'une mince bague de caoutchouc; des tubulures, fermées de la même façon et placées à la partie inférieure, servent à faire la vidange des récipients.

Lorsqu'on veut mettre les liquides en consommation, on substitue au bouchon du bas un robinet en verre et on place par l'ouverture supérieure une membrane ou ballon en caoutchouc très flexible, qui aurait, une fois entièrement gonflée, le volume total du récipient; ce ballon est fixé au bouchon, et mis en communication avec l'air extérieur par un canal pratiqué dans ce bouchon. On conçoit dès lors que lorsqu'on soutire du liquide par le robinet inférieur, l'air introduit dans la poche la gonfle et la fait s'appliquer sur le niveau du liquide qui ne se trouve jamais lui-même en contact avec l'air.

Un seule poche suffit, quel que soit le nombre des récipients, puisque le bouchon auquel cette poche est fixée peut s'appliquer sur tous les récipients.

Un point délicat est l'emploi du caoutchouc qui peut donner du goût aux liquides; ce caoutchouc, pour éviter cet inconvénient, doit être spécialement préparé à cet effet, par un procédé dont l'auteur garde le secret.

Le rapporteur a pu constater que du vin, dans lequel des feuilles de caoutchouc étaient restées immergées pendant près de deux ans, étaient resté intact et franc de goût.

Notice nécrologique sur **Walter Weldon**, membre de la Société royale de Londres, ex-président de la Société des industries chimiques (traduit du *Journal of the Society of chemical industry*).

Photographie isochromatique, par M. Fred. E. Yves. (Traduit du *Journal de l'Institut de Franklin.)*

Dispositif téléphonique pour les auditions musicales à distance, construit par la Société privée des télégraphes de Vienne pour l'Exposition viennoise de 1883. (Traduit du *journal polytechnique de Dingler.*)

Le telpherage. (Extrait du journal *Nature.*)

De l'utilisation de l'acide sulfurique ayant servi à purifier des pétroles ou des carbures de goudron. (Traduit du *Chemiker Zeitung.*)

Sur le traitement du mildew et du rot, par M. A. Millardet. (Extrait des *Annales de la Société d'agriculture de la Gironde.)*

Influence du silicium sur les propriétés de la fonte. (Extrait du *Bulletin du Comité des Forges.*)

Les cartons pelliculaires au gélatino-bromure d'argent. (Extrait de *la Nature.*)

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Octobre 1885

Note sur les **moments fléchissants sur les appuis d'une poutre droite continue, produits par la surcharge formée de charges isolées ou non**, par MM. E. A. Hausser, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, et L. Cunq, chef de section au chemin de fer du Midi.

Les auteurs se sont proposé de donner une méthode directe pour le calcul des moments fléchissants sur les appuis d'une poutre à plusieurs travées solidaires, quels que soient le nombre, la position et l'importance des charges; cette méthode, pleinement générale, repose sur les principes de la statique graphique.

Note sur la **construction du pont Saint-Jean sur l'Adour**, à Saubusse (Landes), par M. Trepied, ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le pont de Saubusse a été construit de 1880 à 1882, grâce à la générosité de Mme veuve Desjobert, qui a donné 400,000 francs pour l'édification de cet ouvrage d'art.

Le pont, dénommé pont Saint-Jean d'après la volonté de la donatrice, comprend sept arches elliptiques de 24 mètres d'ouverture et 7^{m}, 50 de montée. Les piles ont été fondées avec des enceintes en pierre et palplanches dans lesquelles on draguait à une certaine profondeur au-dessous de l'étiage; on battait dans ces enceintes des pieux espacés de

0m,80 à 1 mètre et, après avoir recepé ces pieux à une hauteur uniforme, on coulait du béton dans la fouille.

Les maçonneries sont en moellons, les bandeaux des voûtes, les socles des piles et partie des avant et arrière-becs en pierre de taille ; les garde-corps sont en fonte.

La dépense totale s'est élevée à 380,000 francs, ce qui donne 1,588 francs par mètre linéaire, fondations comprises, et 178 francs par mètre superficiel en élévation, également fondations comprises.

Note sur les **ponts suspendus de Saint-Ilpize et de Lamothe,** par M. Nicou, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

On construit encore des ponts suspendus en France, mais on y a introduit des perfectionnements importants; on lira donc, à ce titre, avec intérêt la note de M. Nicou.

Le pont de Saint-Ilpize sur l'Allier a été construit en 1879 ; il a trois travées de 68m,17 d'ouverture pour la travée centrale et 15m,10 pour les travées latérales.

La hauteur de la première au-dessus des basses eaux de l'Allier est de 26 mètres au milieu. Le pont a 4 mètres de largeur entre garde-corps.

Sur chacune des deux piles se trouvent deux obélisques de 3 mètres de hauteur, portant des secteurs en fonte sur lesquels s'amarrent les câbles de suspension, savoir les câbles soutenant la travée centrale et les câbles allant s'amarrer aux massifs de retenue placés dans les culées.

Les deux petites travées et les deux portions extrêmes de la travée centrale sont soutenues par des haubans inclinés amarrés aux secteurs reposant sur les obélisques; la partie milieu de la travée centrale est seule supportée par le câble à courbure parabolique. Le câble et les haubans ne sont pas dans un plan vertical, mais bien dans un plan présentant un fruit de 1/10 par rapport au plan vertical, ceci dans le but de diminuer les oscillations horizontales.

Les tiges de suspension, en fer rond, ont leur extrémité supérieure contournée de manière à embrasser les câbles, tandis que leur extrémité inférieure traverse les poutrelles du tablier et se termine par une partie filetée recevant un écrou.

Le garde-corps est disposé en forme de poutre à croisillons dont les éléments diagonaux sont assemblés avec les lisses horizontales par le moyen de sabots en fonte. Ce garde-corps à 1m,40 de hauteur.

Le prix d'établissement de l'ouvrage a été le suivant :

Maçonneries.....	33.194 francs
Suspension et tablier	37.308 —
Total.....	70.502

Le pont de Lamothe, établi sur l'Allier, près de Brioude, est plus important que le précédent ; il peut supporter des chargements de 11

tonnes sur un seul essieu. Il n'a qu'une seule travée de 115 mètres de portée et le tablier est à 5m,45 au-dessus des basses eaux de la rivière. La largeur entre garde-corps est de 5m,50 et comprend une voie charretière de 4m,10 et deux trottoirs de 0m,70 chacun.

La travée est supportée de chaque côté sur 14m,25 à partir de la pile par 4 haubans inclinés, la partie médiane étant soutenue par les câbles paraboliques.

Les obélisques placés sur les culées portent des chariots à galets auxquels sont amarrés les câbles et les haubans. Il y a dix câbles de suspension dont 5 de chaque côté du pont.

Le tablier est presque entièrement métallique, composé de poutrelles en fer laminé à section de double T à ailes larges et pesant 73 kilogs le mètre courant. Les poutrelles de la partie centrale sont soutenues par les tiges de suspension et celles des extrémités par des longrines d'encorbellement également en fers à double T auxquelles elles sont reliées par des étriers ; ces longrines sont soutenues elles-mêmes par les haubans.

Le garde-corps n'est pas destiné, comme dans le pont précédent, à donner de la raideur au tablier; on a cherché au contraire à le faire le plus léger possible, il est composé de potelets verticaux en fonte, de cornières formant lisses supérieure et inférieure et de tirants en fer rond: des cordelles en fils de fer diminuent les vides laissés par les tirants dans le garde-corps.

La voie charretière et les trottoirs sont en madriers longitudinaux de bois de chêne avec doublage transversal en peuplier.

Le pont de Lamothe a coûté :

Pour la maçonnerie.....	79.200 francs
Pour la suspension et le tablier.....	104.239
Total.....	183.439

L'emploi des dispositions spéciales, telles que les haubans et les câbles en fils tordus, ont donné à ces ponts une stabilité qu'on n'est pas habitué à trouver dans les ponts suspendus; on a pu faire parcourir le pont de Lamothe par une assez lourde voiture à deux essieux au trot et au galop, sans qu'aucune oscillation d'amplitude notable se soit produite.

Les câbles et haubans travaillent à 16 kilogrammes par millimètre carré, ils sont formés de fils de fer; on fait observer que le pont de Lamothe, pouvant supporter des voitures chargées de 11 tonnes, pourrait, sans grand surcroît de résistance, donner passage à de petites locomotives desservant une ligne d'intérêt local.

Le port de Saint-Pétersbourg et **le nouveau canal maritime,** par M. PETSCHE, ingénieur des Ponts et Chaussées.

On sait que les barres de la Néva empêchaient l'arrivée à Saint-Pétersbourg de navires calant plus de 2m,40, lesquels devaient être déchargés à Cronstadt.

Le canal maritime, commencé en 1877 et achevé au commencement de cette année, permet l'accès des navires qui peuvent arriver à Cronstadt. Il a 27 kilomètres de longueur; on peut évaluer les dépenses à 26 millions de francs.

Notre collègue, M. Sergueeff, a fait sur ce sujet une intéressante communication à la Société, 1883, vol. I, pages 480 et 512.

Note sur le **calcul des poutres droites à travées solidaires**, par M. DE LAGARDE, ingénieur des Ponts et Chaussées.

Note sur **la profondeur à donner aux écluses** et sur l'influence qu'exerce au point de vue du remplissage du sas la position des ventelles des portes d'amont par M. BARBET, ingénieur des Ponts et Chaussées.

La question de la durée des éclusages est d'un intérêt considérable pour les voies navigables très fréquentées; la rapidité du remplissage et celle de l'entrée des bateaux dans le sas y jouent un rôle important.

Les expériences qui font le sujet de cette note ont conduit l'auteur à conclure :

1° Qu'il n'est pas nécessaire de donner au mouillage sur le busc d'aval une valeur supérieure à 2m,25 ou 2m,30, si l'on veut accélérer l'entrée des bateaux montants et diminuer par suite d'une manière notable la durée totale d'une éclusée, même pour des voies navigables à très grande fréquentation, comme le canal de la Sensée et la Scarpe moyenne sur lesquels l'auteur a opéré ;

2° Que l'on peut se borner à cette profondeur sans qu'il en résulte d'inconvénient sérieux pour la rapidité des manœuvres, au moins lorsqu'il s'agit d'anciennes écluses à remanier, pour lesquelles une retaille plus importante des radiers pourrait compromettre la solidité des ouvrages ou donner lieu à de trop grandes dépenses ;

3° Que la hauteur à laquelle les ventelles des portes d'amont doivent être établies en contre-bas du niveau d'aval est une fonction du mouillage, mais que cette fonction varie dans des limites très rapprochées lorsque le mouillage reste compris lui-même entre 2 mètres et 2m,30 ;

4° Qu'enfin, dans ces conditions, la hauteur à laquelle il y a lieu, pour obtenir le minimum de durée du remplissage du sas, d'araser le mur de chute paraît être voisine de 1 mètre.

Résumé du **Rapport de la Commission internationale du**

Canal de Suez, par M. FLAMANT, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

La Commission avait eu à examiner trois projets ou combinaisons ayant pour but de répondre à la condition du passage par le canal d'un trafic annuel dépassant dix millions de tonnes, savoir :

1° Le doublement de la voie maritime par élargissement pur et simple;

2° Le doublement par construction d'une seconde voie ;

3° Le doublement mixte ou combinaison des deux premières hypothèses.

La Commission conclut à l'unanimité en faveur de la première méthode, l'élargissement pur et simple du canal, de la Méditerranée à la mer Rouge.

Elle conclut également que la profondeur doit être portée à $8^m,50$ d'abord et qu'un approfondissement supplémentaire de $0^m,50$, devant compléter la profondeur de 9 mètres, devra former la dernière phase d'exécution des améliorations.

La largeur, mesurée à 8 mètres sous le niveau des basses mers de vive eau ordinaire, sera portée, d'une part, entre Port-Saïd et les Lacs Amers, à 65 mètres dans les parties rectilignes, à 75 mètres dans les courbes de grand rayon et à 80 mètres dans les courbes de plus faible rayon ; d'autre part, entre les Lacs Amers et Suez, à 75 mètres dans les parties rectilignes et 80 mètres dans les courbes qui sont toutes de grand rayon.

La Commission approuve également les profils types présentés par la Compagnie.

Note sur les **télémarégraphes** ou maragraphes enregistreurs à distance établis le long de l'Escaut et de ses affluents, par M. J. TROOST, ingénieur en chef, directeur du service de l'Escaut.

Ces appareils étaient installés à l'Exposition universelle d'Anvers; ils ont été construits par M. Schubart, à Gand.

Le principe repose sur l'emploi de deux moteurs à mouvement uniforme placés l'un au poste d'observation, l'autre à la station d'enregistrement; le mouvement du premier moteur est périodiquement emprunté par un frotteur ou observateur qui relève la position occupée par un indicateur de la marée et la transmet par un courant électrique au burin de l'appareil enregistreur qui la grave sur un cylindre actionné par le second moteur.

Un seul fil suffit aux transmissions de quatre postes d'observation, transmissions qui sont aussi enregistrées par un même burin sur un seul cylindre.

L'enregistrement se fait périodiquement, à volonté, de cinq en cinq ou

de dix en dix minutes. Il est commandé par une horloge qui déclenche le moteur des quatre appareils enregistreurs, dont les cylindres récepteurs font alors une révolution complète pendant laquelle chacun d'eux enregistre succcessivement les indications des postes d'observation placés sur la ligne à laquelle il est relié.

L'administration des Ponts et Chaussées de Belgique a installé, le long de l'Escaut maritime et de ses affluents, quinze de ces appareils observateurs de la marée dont les indications s'enregistrent dans une station centrale qui avait été temporairement transférée à l'Exposition d'Anvers, compartiment des ponts et chaussées.

Les Ingénieurs des Ponts et Chaussées à l'Expédition d'Égypte. Note complémentaire par M. Tarbé de Saint-Hardouin, inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite.

Résistance au feu des éléments métalliques des bâtiments, par M. de Preaudeau, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

A propos des expériences de Bauschinger que nous avons signalées dans la Chronique de Juin 1885, page 803, M. de Preaudeau cite des observations intéressantes faites par M. Barret, ingénieur de la Compagnie des Docks et Entrepôts de Marseille sur les incendies survenus à divers entrepôts ; M. Barret propose d'assembler les colonnes en fonte creuses par des joints étanches et d'en relier la base à la distribution d'eau de la ville ; la circulation d'eau qui s'opérerait ainsi, la partie supérieure des colonnes étant d'ailleurs ouverte, empêcherait la fusion de la fonte et probablement la destruction des bâtiments. Les planchers devraient être établis en briques creuses et les poutres métalliques devraient être noyées dans la maçonnerie, tandis que leurs extrémités reposeraient sur des sabots en fonte pour permettre la dilatation.

COMPTES RENDUS MENSUELS

DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Réunion de Saint-Étienne

Séance du 3 octobre 1885.

Communication de M. Imbert sur une **machine à essayer les chaînes.**

Cette machine d'une extrême simplicité se compose d'un verin hydrau-

lique de 8 tonnes dont la tête agit sur l'extrémité d'un levier formé d'une barre d'acier Bessemer de 150 × 30 m/m de section.

A cheval sur ce levier est une chappe en acier coulé portant à sa partie inférieure une noix ayant l'empreinte de trois demi-maillons successifs de la chaîne à essayer; une chape semblable fixée à un bâti en fort bois de chêne complète l'appareil. Un manomètre indique la pression.

Grâce à la disposition spéciale des deux chapes, on peut éprouver une chaîne de longueur quelconque par portions égales successives. En plaçant la chape à différents points du levier, on peut obtenir des efforts en rapport avec les bras de levier; ainsi, avec un verin de 8 tonnes, on peut éprouver une chaîne à 24, 32 et 40 tonnes. Pour une chaîne en acier à maillons de 20 m/m, ces efforts représentent respectivement 38, 50 et 63 kilogrammes par millimètre carré. Un appareil de ce genre ne revient pas à plus de 400 francs dont 200 pour le verin.

Communication de M. Ch. Buisson, sur les **accidents dits « Coups de poussières »** dans les mines à grisou et les moyens de les éviter.

Commission prussienne du grisou, traduction par M. G. Simon d'une note parue dans le *Glückauf*.

Communication de M. Euverte, sur les **tubes à canons en acier Martin non martelé sans soufflures.**

Ces tubes à canons sont fabriqués à l'usine de Bofors, en Suède, d'après le procédé créé par l'usine de Terrenoire.

La matière se compose de fonte provenant exclusivement de minerais de premier choix, de fonte blanche, de déchets de fer forgé et d'une petite quantité de ferromanganèse contenant du silicium ; ce mélange est traité au four Martin ; les tubes sont coulés dans des lingotières en fonte chauffées et garnies d'une mince couche de terre réfractaire.

L'acier obtenu est absolument sans soufflures ; on le réchauffe et on le laisse refroidir dans du poussier de charbon; cette opération régularise les tensions intérieures et fait acquérir à la matière une élasticité et une résistance très élevées. La résistance à la rupture était en moyenne de 61 kilog. avec allongement de 13 0/0, la limite d'élasticité de 22 kilog. et la diminution de la section de rupture de 14,4 0/0.

On a employé également d'autres proportions donnant un métal plus doux, présentant 54 à 57 kilogs de résistance à la rupture, de 25 à 30 de limite d'élasticité avec 21 à 23 0/0 d'allongement. Ce métal ayant été trouvé un peu doux, on est revenu à des proportions donnant des propriétés intermédiaires entre les précédentes.

Des canons de 8.4 centimètres, ainsi fabriqués, ont subi l'épreuve de 2000 coups à la charge de service, sans dégradation ni agrandissement de la chambre à poudre.

Séance tenue a Alais le 8 novembre 1885.

Communication de M. Villot sur l'**analyse rapide des gaz** avec l'appareil Bunte et l'appareil Villot.

La méthode est celle d'Orsat avec emploi de la burette de Bunte, caractérisée par le mesurage des gaz sous une pression qui n'est pas exactement la pression atmosphérique, mais cette pression augmentée d'une petite hauteur liquide toujours la même. M. Villot décrit également un appareil qu'il propose et qui n'est autre que le précédent simplifié et mis en œuvre autrement.

Discussion sur les **revêtements en fer pour travaux des mines.**

Commission prussienne du grisou. — Conclusions du rapport sur les lampes de sûreté, communication de M. Marsaut.

Ces conclusions ne contiennent pas moins de 101 articles; le rapport officiel n'est pas encore publié, mais il a été communiqué à M. Marsaut par le président de la sous-commission des lampes.

Réunion de Saint-Étienne

Séance du 7 novembre 1885.

Installation de la station centrale d'éclairage électrique de Saint-Étienne, communication de M. Allimant.

La force motrice de la station centrale est constituée par quatre machines Woolf à cylindres de $0^m,220$ et $0^m,380$ de diamètre et 0,600 de course, marchant à 150 tours auxquelles la vapeur est fournie par 4 chaudières semi-tubulaires de 90 mètres de surface de chauffe chacune. Avec une pression de 7 kilogs, chaque machine peut fournir de 75 à 130 chevaux effectifs. Avec la pression maximum de 12 kilogs, à laquelle les chaudières sont timbrées, la puissance développée par chaque machine atteint 190 chevaux.

Chaque moteur porte deux poulies-volants de $2^m,20$ de diamètre qui actionnent par courroies l'arbre général de transmission tournant à 367 tours par minute; cet arbre porte 8 embrayages à friction dont

4 correspondent aux moteurs et 4 aux dynamos; ces dernières sont des machines Edison, type 500 lampes A de 16 bougies; l'armature tourne à 740 tours par minute en donnant au circuit ouvert une force électromotrice de 110 volts. Au sortir des dynamos, le courant passe dans une salle d'épreuve où un tableau portant divers appareils régulateurs permet de faire varier l'intensité du champ magnétique de chaque machine et de régler isolément celles-ci; de là le courant passe au réseau d'éclairage.

Communication de M. CLERMONT sur le **transport de la force par l'électricité.**

Il s'agit de la communication faite à l'Académie des sciences par M. Marcel Deprez, le 22 octobre 1885.

Communication de M. CLERMONT sur la **production du gaz hydrogène pur par le procédé Hembert et Henry.**

Ce procédé, tel qu'il est décrit par les auteurs dans leur communication à l'Académie des sciences, comporte deux opérations distinctes: la première est la décomposition de la vapeur d'eau par du coke incandescent en hydrogène et en oxyde de carbone, et la seconde la décomposition de la vapeur d'eau surchauffée au point de dissociation en présence de l'oxyde de carbone, décomposition qui donne de l'acide carbonique et une nouvelle quantité d'hydrogène; on peut obtenir pratiquement 3,200 mètres cubes d'hydrogène par 1,000 kilogrammes de coke; le prix de revient est d'environ 1 1/2 centime par mètre cube.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 46. — *14 Novembre 1885.*

Exposition universelle d'Anvers, par Herm. Fischer *(fin)*.

Exploitation des mines. — Indicateur de ventilation.

Croiseur-torpilleur le *Scout*.

Groupe de Berlin. — Expérience sur la raréfaction de l'air. — Nouveaux règlements pour les chaudières à vapeur.

Groupe de Wurtemberg. — Les arbres, leur croissance et leur trai-

tement. — Machines à écrire. — Brûleur pour chauffage à l'huile minérale.

Patentes.

Bibliographie.— Étude sur la théorie des corps élastiques, du Dr Jacob Teubner. — Pont de chemin de fer sur la Save à Brod, par Moriz Bock. — Ouvrages adressés à la rédaction.

Correspondance. — Cages d'extraction.

Variétés. — Lancements et essais de navires.

N° 47. — *21 Novembre 1885.*

Matériel roulant de chemins de fer à l'Exposition d'Anvers, par B. Salomon *(suite)*.

Nouvelle forme de cubilot.

Machines agricoles. — Semoirs *(suite)*.

Groupe de Hanovre. — Le ciment et ses falsifications. — Applications de l'acide carbonique liquide.

Groupe de Saxe. — Lavage des charbons. — Filature de la laine peignée.

Patentes.

Bibliographie. — Principe de la conservation de l'énergie du Dr Jacob Weyrauch. — Ouvrages adressés à la rédaction.

Variétés. — Concours et prix proposés. — Action du feu et de l'eau sur les colonnes métalliques.

N° 48. — *28 Novembre 1885.*

Compresseur à sec à tiroirs, patente Burckardt et Weiss, par J.-F. Weiss.

Machine à air chaud de la Société de construction de Berlin-Anhalt.

Groupe de Francfort.

Groupe de Manheim.

Groupe du Rhin inférieur. — Caractères du fer fondu et soudé. — Appareil de sûreté pour chaudières de Schwartzkopff.

Association des chemins de fer.

Écoles supérieures, par le Dr Krumme.

Patentes.

Bibliographie. — Exploitation des houillères, par M. Demanet, traduction allemande de C. Leybold. — Lettres sur l'Exposition d'Anvers parues dans la *Gazette de Cologne*, par le Dr W. Mohr. — Ouvrages adressés à la rédaction.

Variétés. — Lancements et essais de navires.

N° 49. — *5 Décembre 1885.*

Distribution de Klûg pour machines à vapeur, par H. Ebbs.

Compresseur à sec et à tiroir, patente Burckardt et Weiss, par J.-F. Weiss *(suite)*.

Matériel de chemins de fer à l'Exposition d'Anvers, par B. Salomon *(suite)*.

Groupe de Wurtemberg. — Expositions de Londres, Anvers et Gorlitz. — Clé héliçoïdale de Clarfeld et Kockler. — Usine électro-technique de Canstadt.

Patentes.

Correspondance. — Appareils de graissage pour cylindres à vapeur.

Variétés. — Revue des patentes, de Lürmann. — Éclairage électrique intérieur des chaudières à vapeur.

N° 50. — *12 Décembre 1885.*

Distribution de Klüg pour machines à vapeur, par H. Ebbs *(fin)*.

Matériel de chemins de fer à l'Exposition d'Anvers, par B. Salomon *(suite)*.

Compresseur à sec et à tiroir, patente Burckardt et Weiss *(suite)*.

Chemins de fer. — Freins continus.

Electro-technique. — Expériences de Marcel Deprez sur le transport électrique de la force.

Perfectionnement au tube de Pitot.

Groupe de Hanovre. — Déviation dans le tir des armes à feu. — Distribution d'eau de la ville de Hanovre.

Patentes.

Bibliographie. — Ouvrages adressés à la rédaction.

Correspondance. — Croiseur-torpilleur le *Scout*.

Variétés. — Station d'essais électriques de Munich. — Construction de navires en Allemagne.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. MALLET.

ANNEXE

AU BULLETIN DE DÉCEMBRE 1885

CONGRÈS DES SOCIÉTÉS SAVANTES EN 1886

CIRCULAIRE

de M. le Ministre de l'Instruction publique.

Paris, le 7 septembre 1885.

Monsieur le Président,

J'ai l'honneur de vous adresser le programme du Congrès des Sociétés savantes en 1886, en vous priant de lui donner toute la publicité désirable. Comme les années précédentes, il comprend cinq parties distinctes afférentes aux cinq sections du Comité des travaux historiques et scientifiques.

Les Sociétés savantes ont collaboré dans une large mesure à l'ensemble de ce programme ; en réponse à ma circulaire du 12 mai dernier, elles m'ont transmis un grand nombre de sujets qu'elles jugeaient dignes de figurer à l'ordre du jour du Congrès, et le Comité, en arrêtant la rédaction définitive, a essayé de tenir compte de tous les vœux, s'attachant seulement à généraliser les termes de certaines questions quand elles ne semblaient viser qu'un intérêt local.

Un assez grand nombre de sujets d'études, surtout ceux qui intéressent les historiens et les archéologues, vous avaient été déjà

soumis dans des sessions antérieures ; vos Sociétés ont compris que les nombreuses et intéressantes communications auxquelles ils ont donné lieu n'avaient fait qu'en accentuer l'intérêt, et, devant les vœux émis, le Comité a cru devoir, cette année encore, les maintenir au programme.

L'initiative prise par vos Sociétés et que je tiendrai toujours à leur laisser, m'est une garantie précieuse pour l'avenir : j'ai la confiance que l'an prochain, sur tous les points qui constituent ce programme et que j'ai choisis d'accord avec vous, MM. les délégués apporteront les résultats de leurs travaux et seront prêts à soutenir des discussions qui assureront l'éclat de votre Congrès et en démontreront de plus en plus la haute importance scientifique.

Agréez, Monsieur le Président, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre de l'Instruction publique,
des Beaux-Arts et des Cultes,

René GOBLET.

PROGRAMME

DU

CONGRÈS DES SOCIÉTÉS SAVANTES

A LA SORBONNE EN 1886

I.

SECTION D'HISTOIRE ET DE PHILOLOGIE

1° Mode d'élection et étendue des pouvoirs des députés aux États provinciaux.

2° Les esclaves sur les bords de la Méditerranée au moyen âge.

3° Recherche des documents d'après lesquels on peut déterminer les modifications successives du servage.

4° Origine et organisation des anciennes corporations d'arts et métiers.

5° Origine, importance et durée des anciennes foires.

6° Anciens livres de raison et de comptes et journaux de famille.

7° Liturgies locales antérieures au dix-septième siècle.

8° Origine et règlements des confréries et charités antérieures au dix-septième siècle.

9° Étude des anciens calendriers,

10° Indiquer les modifications que les recherches les plus récentes permettent d'introduire dans le tableau des constitutions communales tracé par M. Augustin Thierry.

11° Des livres qui ont servi à l'enseignement du grec en France, depuis la Renaissance jusqu'au dix-huitième siècle.

12° Les exercices publics dans les collèges (distributions de prix, académies, représentations théâtrales, etc.), avant la Révolution.

13° Anciennes démarcations des diocèses et des cités de la Gaule, servant encore aujourd'hui de limites aux départements et aux diocèses.

14° Étude des documents antérieurs à la Révolution pouvant fournir des renseignements sur le chiffre de la population dans une ancienne circonscription civile ou ecclésiastique.

15° L'histoire des mines en France avant le dix-septième siècle.

16° De la signification des préfixes EN et NA devant les noms propres dans les chartes et les inscriptions en langue romane.

17° Objet, division et plan d'une bibliographie départementale.

II

SECTION D'ARCHÉOLOGIE

1° Quelles sont les contrées de la Gaule où ont été signalés des cimetières à incinération remontant à une époque antérieure à la conquête romaine? — Quels sont les caractères distinctifs de ces cimetières?

2° Dresser la liste, faire la description et rechercher l'origine des œuvres d'art hellénique, des inscriptions et des marbres grecs, qui existent dans les collections publiques ou privées des divers départements. Distinguer ceux de ces monuments qui sont de provenance locale de ceux qui ont été importés dans les temps modernes.

3° Dresser la liste des sarcophages païens sculptés de la Gaule. En étudier les sujets, rechercher les données historiques et les légendes qui s'y rattachent et indiquer leur provenance.

4° Signaler les nouvelles découvertes de bornes militaires ou les constatations de chaussées antiques qui peuvent servir à déterminer le tracé des voies romaines en Gaule ou en Afrique.

5° Grouper les renseignements que les noms de lieux-dits peuvent fournir à l'archéologie et à la géographie antique.

6° Signaler dans une région déterminée les édifices antiques de l'Afrique tels que arcs de triomphe, temples, théâtres, cirques, portes de ville, tombeaux monumentaux, aqueducs, ponts, etc., et dresser le plan des ruines romaines les plus intéressantes.

7° Étudier les caractères qui distinguent les diverses écoles d'architecture religieuse à l'époque romane en s'attachant à mettre en relief les éléments constitutifs des monuments (plans, voûtes, etc.).

8° Rechercher, dans chaque département ou arrondissement, les monuments de l'architecture militaire en France aux différents siècle du moyen âge ; en donner des statistiques, signaler les documents historiques qui peuvent servir à en déterminer la date.

9° Signaler les constructions rurales élevées par les abbayes, telles que granges, moulins, étables, colombiers ; en donner autant que possible les coupes et plans.

10° Étudier les tissus anciens, les tapisseries et les broderies qui existent dans les trésors des églises, dans les anciens hôpitaux, dans les musées et dans les collections particulières.

11° Signaler les actes notariés du quatorzième au seizième siècle, contenant des renseignements sur la biographie des artistes et particulièrement les marchés relatifs aux peintures, sculptures et autres œuvres d'art commandées soit par des particuliers, soit par des municipalités ou des communautés.

12° Étudier les produits des principaux centres de fabrication de l'orfèvrerie en France pendant le moyen âge et signaler les caractères qui permettent de les distinguer.

13° Quelles mesures pourraient être prises pour améliorer l'organisation des musées archéologiques de province, leurs installations, leur mode de classement et pour en faire dresser ou perfectionner les catalogues ?

III

SECTION DES SCIENCES ÉCONOMIQUES ET SOCIALES

1° Des procédés de mobilisation de la propriété foncière expérimentés ou proposés en France ou à l'étranger (cédules hypothécaires, dettes foncières, billets de banque fonciers, etc.).

2° De la propriété en pays musulman.

3° Analyse des dispositions prises, depuis le seizième siècle jusqu'à nos jours, pour créer et développer la vicinalité. Avantages et

inconvénients de la prestation en nature ; appréciation des conditions actuelles de la législation sur les chemins vicinaux.

4° Historique de la législation ayant eu pour but de conserver les forêts sous l'ancien régime et de nos jours. Indication de quelques mesures à prendre pour prévenir les défrichements et les exploitations abusives de bois et forêts des particuliers.

5° Réforme de l'impôt foncier des propriétés non bâties.

6° Quelles étaient les données générales de l'organisation des anciennes universités françaises? Y aurait-il avantage à créer des universités régionales? Quels services pourraient-elles rendre?

7° De l'enseignement agricole dans les écoles primaires.

8° Ouvrages anciens et tentatives diverses pour la réforme et l'amélioration des prisons avant 1789.

9° Messagers, messageries, courriers, poste dans une région donnée, du moyen âge à la Révolution.

10° La diminution de la population rurale.

11° Étudier la valeur vénale de la propriété non bâtie au dix-huitième siècle dans une province, et comparer cette valeur avec la valeur vénale actuelle.

12° Du crédit agricole et des moyens de l'organiser efficacement. son fonctionnement en Allemagne et en Italie. Syndicats d'agriculteurs pour l'achat des instruments et des engrais, et pour la vente des produits ; ne serait-ce pas là le moyen de résoudre la question du crédit agricole?

13° Étude des résultats statistiques de la participation aux bénéfices dans l'industrie.

14° Pourrait-on reprendre la frappe des pièces de 5 francs en argent sans avoir à redouter un rapide drainage de l'or?

15° Des conditions d'exécution qui peuvent justifier le rang que la transportation et la relégation occupent dans l'échelle des peines établies par le Code pénal et par la loi de 1885.

IV

SECTION DES SCIENCES MATHÉMATIQUES, PHYSIQUES, CHIMIQUES ET MÉTÉOROLOGIQUES

1° Étude du mistral.

2° Méthodes d'observation des tremblements de terre.

3° Électricité atmosphérique.

4° Recherches sur la présence de la vapeur d'eau dans l'air par les observations astronomiques et spectroscopiques.

5° Comparaison des climats du midi et du sud-ouest de la France.

6° Des causes qui semblent présider à la diminution générale des eaux dans le nord de l'Afrique et à un changement du climat.

7° Études relatives à l'aérostation.

8° Étude de la gamme musicale, au point de vue historique.

V

SECTION DE SCIENCES NATURELLES ET DE SCIENCES GÉOGRAPHIQUES.

1° Étude du mode de distribution topographique des espèces qui habitent notre littoral.

2° Étude détaillée de la faune fluviatile de la France. Indiquer les espèces sédentaires ou voyageuses et, dans ce dernier cas, les dates de leur arrivée et de leur départ. Noter aussi l'époque de la ponte. Influence de la composition de l'eau.

3° Étude des migrations des oiseaux. Indiquer les dates d'arrivée et de départ des espèces de la faune française. Signaler les espèces sédentaires et celles dont la présence est accidentelle.

4° Étude des phénomènes périodiques de la végétation ; dates du bourgeonnement, de la floraison et de la maturité. Coïncidences de ces époques avec celles de l'apparition des principales espèces d'insectes nuisibles à l'agriculture.

5° Examiner et discuter l'influence qu'exercent sur les insectes les températures hibernales et leur durée plus ou moins longue.

6° Étude des insectes producteurs de miel et de cire.

7° Étudier au point de vue de l'anthropologie les différentes populations qui, depuis les temps les plus reculés, ont occupé, en totalité ou en partie, une région déterminée de la France.

8° Époque, marche et durée des grandes épidémies au moyen âge et dans les temps modernes.

9° Comparer entre eux les vertébrés tertiaires des gisements de la France, au point de vue des modifications successives que les types ont subies.

10° Comparaison des espèces de vertébrés de l'époque quaternaire avec les époques similaires de l'epoque actuelle.

11° Comparaison de la flore de nos départements méridionaux avec la flore algérienne.

12° Influence des plantations d'eucalyptus au point de vue de l'assainissement des terres marécageuses. Utilisation de ces arbres.

13° Étude des arbres à quinquina, à caoutchouc et à gutta-percha. Quelles sont les conditions propres à leur culture? De leur introduction dans nos colonies.

14° Étudier l'influence de la chaîne des Cévennes dans les limites apportées à la propagation vers le Nord des espèces végétales et animales de la région méditerranéenne.

15° Exposer les découvertes archéologiques qui ont servi à déterminer le site des villes de l'antiquité ou du moyen âge, soit en Europe, soit en Asie, soit dans le nord de l'Afrique.

16° Signaler les documents géographiques curieux (textes et cartes manuscrits) qui peuvent exister dans les bibliothèques publiques et les archives des départements et des communes.

17° Étudier les mouvements généraux des sables en Afrique et en Asie. Déterminer les régions où les sables reculent et celles où ils progressent.

18° Étudier les résultats géographiques obtenus à la suite de grandes explorations accomplies récemment au Congo, dans l'Indo-Chine et au Tonkin.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LA CHRONIQUE DE 1885.

Acier (Production des fers et) en Allemagne, Juin, I, 805; — (Chaudières en) Juillet, II, 154; — Utilisation des vieux rails d'), Octobre, II, 516.

Aciéries (Force motrice dans les forges et), Janvier, I, 103; — de Bilbao, août, II, 235.

Agrandissement d'un tunnel, Janvier, I, 111.

Air (Machines à) chaud, Février, I, 265.

Alimentation d'eau de l'expédition du Soudan, Mars, I, 463; — d'eau des villes de l'Amérique du Nord, Avril, I, 581.

Arlberg (Locomotives employées aux travaux du tunnel de l'), Août, II, 228.

Assainissement de la ville de Blankenberghe, Juillet, II, 162.

Ateliers de Baldwin, Août, II, 232, Septembre, 354.

Canal de l'Érié (Trafic du), Avril, I, 574.

Chaudières en acier, Juillet, II, 154.

Chemins de fer (Vitesse des trains de), Février, I, 270; — à crémaillère, Mars, I, 467; — à traction électrique, Avril, I, 576; — au Japon, Septembre, II, 360. — (Les premiers) français, Décembre, II, 825.

Cheminée (Déplacement d'une) d'usine, Octobre, II, 517.

Coke (sous-produits de la fabrication du), Septembre, II, 357.

Colonnes (Résistance au feu des) en fonte, Juin, I, 805.

Compagnie de navigation Péninsulaire et Orientale, Novembre, II, 672.

Compteur d'eau, système Schmid, Avril, I, 582.

Crémaillère (Chemin de fer à), Mars, I, 467.

Déplacement d'une cheminée d'usine, Octobre, II, 517.

Distribution d'eau de Stuttgart, Janvier, I, 113.

Dock flottant de Rotterdam, Octobre, II, 512.

Eau (Distribution d') de Stuttgart, Janvier, I, 113; — (Alimentation d'), de l'expédition du Soudan, Mars, I, 463; — (Alimentation d') des villes de l'Amérique du Nord, Avril, I, 581; — (Compteur d') système Schmid, Avril, I, 582.

Éclairage électrique de l'Atlantique, Mars, I, 466.

Électrique (Éclairage) de l'Atlantique, Mars, I, 466 ; — (Chemin de fer à traction), Avril, I, 576 ; — (Phare) transportable, Juin, I, 797.
Enveloppes calorifuges, Décembre, II, 831.
Escaut (L') et le port d'Anvers, Mai, I, 694.
Essais à l'indicateur sur des locomotives, Décembre, II, 828.
Expédition du Soudan (Alimentation d'eau de l'), Mars, I, 463.
Expériences de consommation sur une machine marine, Février, I, 258 ; Mars, I, 455.
Fairlie (R.), Août, II, 236.
Fer (Production du) et de l'acier en Allemagne, Juin, I, 803.
Feu (Résistance au) des colonnes en fonte, Juin, I, 805.
Force motrice dans les forges et aciéries, Janvier, I, 103 ; — hydraulique pour le percement des grands tunnels, Juin, I, 801.
Frein restituteur pour tramways, Juillet, II, 158.
Frottement dans les grues à bras, Février, I, 267.
Gaz naturel aux États-Unis, Septembre, II, 111 ; — (Moteurs à), Novembre, II, 574.
Glace (Résistance de la), Octobre, II, 517.
Gothard (Trafic du), Mai, I, 693.
Grues (Anciennes) hydrauliques, Février, I, 266 ; — (Frottement dans les) à bras, Février, I, 267.
Homme (Travail développé par l') dans un court espace de temps, Mai, I, 697.
Hydrauliques (Anciennes grues), Février, I, 266 ; — (Forces motrices) pour le percement des grands tunnels, Juin, I, 801.
Indicateur (Essais à l'), sur des locomotives, Décembre, II, 828.
Industrie minérale en Belgique, Août, II, 235.
Ingénieurs (Travaux des Sociétés d'), Janvier, I, 108.
Laminoirs (Machines de), Octobre, II, 511.
Locomotives *Decapod*, Avril, I, 579 ; — (Tiroirs équilibrés pour), Juin, I, 799 ; — employées aux travaux du tunnel de l'Arlberg, Août, II, 228 ; — (Essais à l'indicateur sur des), Décembre, II, 828.
Machines à air chaud, Février, I, 265 ; — marine (Expériences de consommation sur une), Février, I, 258 ; Mars, I, 455 ; — élévatoires américaines, Mai, I, 689 ; — à deux cylindres (Observations sur le fonctionnement des), Août, II, 238 ; — de laminoirs, Octobre, II, 511.
Métrique (Le système) aux États-Unis, Mai, I, 695 ; — (Le système) et ses adversaires, Septembre, II, 357.
Moteurs à gaz, Novembre, II, 674.
Navigation sur les lacs des États-Unis, Janvier, I, 112 ; — (Compagnie de) Péninsulaire et Orientale, Novembre II, 672.
Navires à vapeur (Les grands), Juin, I, 803.

Observations sur le fonctionnement des machines à deux cylindres, Août, II, 238.
Origine du mot tramway, Mars, I, 464.
Patentes en Angleterre, Juillet, II, 161.
Phare électrique transportable, Juin, I, 797.
Pétrole en Amérique, Juillet, II, 165.
Pont de Brooklyn (Tramway du), Février, I, 271 ; — à bascule à Rotterdam, Novembre, II, 669.
Port d'Anvers (L'Escaut et le), Mai, I, 694.
Prix Fourneyron, Décembre, II, 832.
Production du zinc en Espagne, Mai, I, 696 ; — des fers et aciers en Allemagne, Juin, I, 805.
Pyromètre calorimètre, Novembre, II, 678.
Rails (Usure des), avril, I, 574 ; — (Utilisation des vieux) d'acier, Octobre, II, 516.
Résistance au feu des colonnes en fonte, Juin, I, 805 ; — de la glace, Octobre, II, 517.
Sous-produits de la fabrication du coke, Septembre, II, 357.
Système métrique (Le) aux États-Unis, Mai, I, 695 ; — (Le) et ses adversaires, Septembre, II, 357.
Télégraphes aux États-Unis, Juillet, II, 165.
Tiroirs équilibrés pour locomotives, Juin, I, 799.
Touage (le), Juillet, II, 165.
Traction électrique (Chemin de fer à), Avril, I, 576.
Trafic du Canal de l'Erié, Avril, I, 574 ; — du Gothard, Mai, I, 693.
Trains (Vitesse des) de chemins de fer, Février, I, 270.
Tramway du pont de Brooklyn, Février, I, 271 ; — (Origine du mot), Mars, I, 464 ; — (Frein restituteur pour), Juillet, II, 158 ; — (Transport dans Paris par omnibus et), Novembre, II, 679.
Transports à bon marché, Février, I, 269 ; — dans Paris par omnibus et tramways, Novembre, II, 679.
Travail développé par l'homme pendant un court espace de temps, Mai, I, 697.
Travaux des Sociétés d'Ingénieurs, Janvier, I, 108 ; — du tunnel de l'Arlberg (Locomotives employées aux), Août, II, 228.
Trevithick (Richard), Janvier, I, 109.
Tunnel (agrandissement d'un), Janvier, I, 111 ; — (Forces motrices hydrauliques pour le percement des grands), Juin, I, 801 ; — (Locomotives employées aux travaux du) de l'Alberg, Août, II, 228.
Usure des rails, Avril, I, 574.
Utilisation des vieux rails d'acier, Octobre, II, 516.
Vitesse des trains de chemins de fer, Février, I, 270.
Zinc (Production du) en Espagne, Mai, I, 696.

TABLE DES MATIÈRES

DEUXIÈME SEMESTRE. — ANNÉE 1885

Appareils dynanométriques applicables aux Machines marines (grands). Note de M. Daniel Colladon sur ses appareils et sur ceux de M. Auguste Taurines, lue par M. A. Mallet. 374
Lettre de M. de Cossigny au sujet de cette lecture. 540

Appareil élévatoire de 30m, avec chariot transbordeur, Communication et mémoire de M. A. Bonnet. . . . . 200 et 209
Remarques de MM. Forest, Badois et A. Quéruel, sur la communication précédente. 207

Assainissement de Toulon *(Avant-Projet de M. l'Ingénieur en chef Dyrion)*, Communication et note de M. Alfred Hauet . . . . . 547 et 766

Bateau à Hélice mobile *(système Edmond Roy)*, compte rendu d'expériences et considérations générales sur la Navigation intérieure, par M. Edmond Roy. 186
Observations de MM. A. Quéruel, Carimantrand et Edmond Roy, sur la communication précédente 196
Lettre de M. W. Nordling, relative au même sujet 391

Calcul des Poutres continues *(méthode générale analytique et méthode graphique)*, mémoire par M. Bertrand de Fontviolant 255

Catastrophe de Chancelade, notes de M. Durupt (sur la). . . 550 et 563
Observations de MM. de Comberousse, Badois et Grüner sur la première note de M. Durupt. 553
Souscription spontanée des membres de la Société pour les victimes de cette catastrophe 756

Chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, lettre de M. A. Léger (sur les Origines du), et remarque de M. de Comberousse à ce sujet . 392

Chemin de fer Métropolitain, lettres de M. Haag et de M. Jules Garnier, relatives à leurs projets respectifs (de) . . . . . 181 et 538

Cinquantenaire *(de l'Etablissement du chemin de fer de Saint-Germain et du Réseau français)*, paroles de M. de Comberousse 27

Congrès métallurgique et géologique, tenu à Budapest 179

Congrès des Sociétés savantes à la Sorbonne, en 1886. Circu-

laire de M. le Ministre de l'Instruction publique et programme du Congrès. 849

Convention internationale pour la protection de la propriété industrielle :

Note de M. Édouard Simon. 428
Communication et note de MM. Ch. Assi et L. Genès. . . . . 434 et 489
Observations présentées sur le même sujet par MM. Casalonga, Albert Cahen, Armengaud, Mardelet, Édouard Simon, Ch. Assi et L. Genès. . . . . 444, 537 et 556

Décès : MM. Henri Tresca, Giraudeau, Grieumard, Louis Parent, Bougère, Jean Fleury, Victor Forquenot, Mesmer, Cournerie, Parlier, Schaller, Hermann-Lachapelle, Audenet, Sordoillet (*), Husquin de Rhéville fils (attaché au secrétariat de la Société). 9, 10, 179, 373, 538 et 566

Décorations françaises :

COMMANDEUR DE LA LÉGION D'HONNEUR : M. A. Ronna 422
OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR : M. Appert. 179
CHEVALIERS DE LA LÉGION D'HONNEUR : MM. V. Contamin, A. Mallet, Léon Francq, E. Cacheux, Ernest Herscher, Morel. . . . . 25 et 179
OFFICIER DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE : M. Richou. 557
OFFICIERS D'ACADÉMIE : MM. Edmond Michaud, Guigon Bey 557

Décorations étrangères :

Ordre de François-Joseph : Chevalier. M. F. Bömches. 11
Ordre de la Couronne de fer d'Autriche : Chevalier, M. Pasquier . . . 25
Ordre de Léopold : Officier : M. Greiner 755
Chevaliers : MM. Ch. Bourdon et Doat. . . . 373 et 538
Ordre de Charles III d'Espagne : Chevalier, M. Decauville. 557
Ordre du Sauveur de Grèce : Chevalier, M. Pasquier. 25
Ordre du Cambodge : Officier, M. Adolphe Violet. 373
Ordre impérial de l'Osmanié : Commandeur, M. Letalle.. 373
Ordre du Nicham : Officier, M. Vernes. 179

Distribution de la force motrice à domicile au moyen de l'air raréfié, observations techniques présentées par M. Piarron de Mondésir, à propos du mémoire de M. L. Boudenoot et de la lettre de M. Mékarski. . . . . 571 et 771
Lettre de M. Mékarski sur le même sujet 575

Dynamomètres de traction et de rotation, lettre de M. J. de Cossigny sur les appareils de M. Auguste Taurines 183
Observations de M. A. Mallet sur la lettre précédente. 185

Économiste pratique (l'), note de M. G. Anthoni sur l'ouvrage de M. E. Cacheux (intitulé) 423

Élection des membres du Bureau et du Comité, pour l'année 1886 765

Érection d'une statue à Denis Papin, dans la cour d'honneur du Conservatoire des Arts et Métiers. Souscription officielle de la Société. 755

(*) Le décès de M. Sordoillet, mort à Panama en novembre 1885, n'a pu être annoncé à la Société qu'à la séance du 8 janvier 1886.

Exposition universelle d'Anvers, lettre et *notes* de M. J. Morandière (sur l'). . . . . 26 et 54

Exposition de l'outillage des travaux publics, lettre du Syndicat des Entrepreneurs de travaux publics de France (annonçant l'). 394

Fondation d'une Société nouvelle d'Ingénieurs et d'industriels belges, lettre d'avis. 180

Forces mutuelles et leurs applications aux phénomènes mécaniques, physiques et chimiques, communication et mémoire de M. P. Berthot (sur les) . . . . . 542 et 588

Hélices propulsives *(Recherches sur la construction théorique des)*, mémoire de M. Duroy de Bruignac 62

Observation de M. A. Quéruel sur la communication précédente de M. de Bruignac (séance du 19 juin 1885),et réponse de M. de Bruignac 8

Hôtel des Postes de Paris *(Le nouvel)*, communication de M. Guadet sur la partie esthétique et la construction proprement dite; communication de M. A. Bonnet sur l'organisation et le service mécanique 557 et 756

Observation de M. A. Quéruel 760

Langues internationales *(Conférences sur les)*, par MM. E. Maldant, A. Kerckhoffs.

Discussion : MM. E. Maldant, A. Kerckhoffs, Brüll, Casalonga, le général Tcheng-ki-Tong, Auguste Moreau, Gassaud, Derennes, Saillard, Pesce, Ch. Cotard. 689

La Plata *(Les intérêts français, au point de vue industriel et commercial, dans les pays de)*, communication de M. A. Potel. 36

Observation de M. Seyrig à propos de cette communication 52

Legs Fusco, rapport présenté par M. de Comberousse, au nom du Comité, sur la donation faite par Mme Fusco à la Société. 450

Vote de l'Assemblée, constituée en Assemblée générale, acceptant à l'unanimité, conformément à la proposition du Comité, le *Legs Fusco* sous bénéfice d'inventaire. 453

Legs Giffard *(Signature du Décret autorisant la Société à entrer en possession du)*. 422

Lettres de M. Fabry, président de l'Union des Ingénieurs sortis des écoles de Louvain ; de M. de Matthys, président de l'Association des Ingénieurs sortis des écoles de Gand ; de M. G. Cadolini, président du Collège des Ingénieurs et Architectes de Rome au sujet du décès de M. Henri Tresca. . . . . 9, 10 et 27

Machine à vapeur *(Système A. Quéruel)*, compte rendu par M. A. Quéruel des essais faits sur une machine à vapeur de son système, construite par M. A. Crespin . . . . . 23 et 464

Observation de M. Douane sur ce compte rendu. 24

Machines marines à l'Exposition universelle d'Anvers, communication et mémoire de M. Jules Gaudry (sur les). . . . . 548 et 626

Membres admis *(Nouveaux)*. . . . . 7, 178, 372 et 536

Membre honoraire : M. H. de Matthys 541, 587

Moteurs domestiques *(Nouveau système de)*, communication de M. Abel Pifre 12
Observations de MM. Contamin et Edmond Roy sur cette communication 16

Pavage en céramite *(Nouveau)*, note par M. A. Gouvy 454

Ports de commerce en France et à l'Étranger, considérations générales et analyse de l'ouvrage de M. Laroche, ingénieur en chef des ponts et chaussées, par M. Charles Cotard 365

Obsèques de M. Henri Tresca, président honoraire :
Discours de MM. Maurice Lévy, A. Laussedat, Cauvet, Haton de la Goupillière, de Comberousse, Louis Passy et A. Noblot 130

Remerciement *(Lettres de)* à la Société :
De M. F. Bömches 10
De M. F. Reymond 11

Sautage des grosses mines *(Emploi de la dynamite pour le)*, communication et mémoire de M. G. Cerbelaud . . . . . 578 et 792
Observations sur la communication précédente, par MM. Chalon, G. Bianchi, de Cordemoy, Ch. Cotard et G. Cerbelaud 580

Situation financière de la Société *(Exposé de la)*, par M. G. Loustau (Assemblée générale du 18 décembre) 762

Société des Ingénieurs Civils *(Notice sur la)*, par M. A.-C. Benoit-Duportail 806

Table des matières traitées dans la chronique de 1885 . . 857

Vases, sables et graviers *(L'entraînement et le transport par les Eaux courantes des)*, analyse par M. Auguste Moreau de la communication faite sur ce sujet, par M. Vauthier, au Congrès tenu à Blois par l'Association française pour l'avancement des Sciences 29

Voyage de la Société en Belgique :
Exposé, par M. de Comberousse, de la partie officielle du voyage. 395
Compte rendu, par M. Brüll, des excursions organisées en l'honneur de la Société par l'Association des Ingénieurs sortis des écoles de Gand 406
Compte rendu, par M. Auguste Moreau, comme suppléant de M. Périssé, des excursions organisées en l'honneur de la Société par l'Association des Ingénieurs sortis des écoles de Liège 411

IMPRIMERIE CENTRALE DES CHEMINS DE FER. — IMPRIMERIE CHAIX. — 20, RUE BERGÈRE, PARIS. — 6345-6.